

*Hommage de l'Auteur
P. Medinger*

Notions de ~ ~ ~ Balistique populaire

Armes et munitions.
Engins de guerre.
Effets des armes à feu.
Choix d'une arme de défense.
Les „Dum-dum“ en 1914.
Canons à longue portée.
Explosifs.
Accidents.
Expertise.

1919

PIERRE MEDINGER
ing.-chim. dipl.

Questions
traitées dans les différents chapitres:

CHAPITRE I.

Théorie, construction et charge des cartouches. Recul de l'arme.
Danger des cartouches en cas d'incendie.

CHAPITRE II.

Théorie, forme et propriétés des projectiles. — Energie de mouvement. — Rayures des armes. Effets dus à la rotation du projectile.

CHAPITRE III.

Effets des projectiles sur des milieux solides, liquides et gazeux.
Effets explosifs. Tir dans l'eau. Effets des grandes vitesses. Balles perforantes à noyau d'acier. Balles traçantes.

CHAPITRE IV.

Effets des projectiles sur les êtres vivants. Pénétration, effets mécaniques et stopping power. Choix d'une arme de défense rationnelle. Pénétration, énergie et stopping power des principales armes de chasse et de défense. L'histoire des balles «dum-dum» en 1914.

CHAPITRE V.

La trajectoire des balles. Zones dangereuses. Effets des différents facteurs qui modifient la forme de la trajectoire. Dispersion. Résistance de l'air aux grandes vitesses. Les canons à longue portée. Influence de la courbure et de la rotation de la terre. Tir vertical. Des projectiles qui quittent la terre.

CHAPITRE VI.

Les explosifs. Onde d'explosion et onde de compression. Destruction des explosifs, munitions et engins de guerre. Accidents dus à la manipulation des armes à feu, des munitions et des engins de guerre. Browning ou revolver? — Ricochets.

CHAPITRE VII.

Expertise en matière de tir. Choix des experts. Effets mortels des armes à feu. Evaluation des distances de tir. Ce que nous disent le projectile et la douille.

Notions de Balistique populaire

par **P. Medinger**, ing.-chim. dipl.

La guerre qui vient d'expirer, si féconde en surprises et en révélations en fait d'armes et d'engins de guerre nouveaux, à partir du pistolet-mitrailleur à 32 coups jusqu'au canon de 420, a fini par intéresser tous les esprits aux questions de balistique, et de tous côtés surgissent des opinions, souvent des plus fantaisistes, même dans les publications les plus sérieuses. Ceci, ainsi que le grand intérêt témoigné à l'étude sur les bombes d'aviateurs que j'ai eu l'honneur de publier dans notre bulletin en 1918, m'avait décidé à faire, dans les séances de lundi, une série de causeries de balistique populaire. C'est le contenu de ces conférences qui va être résumé dans quelques petits articles. J'y laisserai de côté ou réduirai à un minimum les calculs et les théories n'intéressant que le professionnel, et j'aurai soin de me borner à l'énumération et à l'explication des faits qui sont d'un intérêt plus général et d'une certaine utilité peut-être pour l'un ou l'autre de mes lecteurs.

* * *

I. De la cartouche et du coup de fusil.

La cartouche métallique du fusil militaire connue aujourd'hui de tout le monde, se compose d'une douille en laiton contenant une charge de poudre et portant à l'extrémité ouverte le projectile. Dans une cavité ménagée au centre du fond de la douille se trouve fixée l'amorce, formée par une petite cloche en cuivre rouge ou en laiton et chargée d'un mélange de fulminate de mercure et de chlorate de potasse. Ce mélange, très sensible au choc, s'enflamme dès que l'amorce est enfoncée par le percuteur du fusil. La flamme de l'amorce pénètre à l'intérieur de la douille et y enflamme la poudre par deux ou trois petits orifices pratiqués dans le fond de la cavité qui porte l'amorce. Il est de toute importance que la charge de l'amorce soit bien appropriée à la qualité et à la quantité de la poudre et de la cartouche. La poudre pyroxylée demande une amorce bien plus forte que la poudre noire. Ainsi la balle

d'une cartouche .32 Smith et Wesson chargée à la poudre pyroxylée, mais munie d'une amorce pour poudre noire, ira à peine à quelques 10 ou 20 mètres, tandis qu'elle est à même de percer à cette distance deux planches de bois de sapin de 25 mm d'épaisseur, si elle est munie d'une amorce appropriée à la poudre pyroxylée.

Chaque espèce de poudre ainsi que les différentes charges de ces poudres demandent une amorce spéciale. Une amorce trop forte p. ex. amènera une combustion trop vive de la poudre et donnera lieu à une pression de gaz trop forte pouvant éventuellement faire éclater une arme qui aurait parfaitement résisté, si la même cartouche avait porté une amorce convenable, plus faible. Avec une amorce à charge trop faible la poudre pyroxylée brûle mal et incomplètement, et dans ce cas, non seulement son rendement est-il très mauvais, mais la combustion anormale donne lieu, en même temps, à la production de gaz acides très nuisibles à l'acier du canon. En effet, dans mon étude sur la rouille des canons de fusil¹⁾ j'ai déjà démontré que, si à l'emploi d'une certaine cartouche on constate une forte production de rouille, la cause n'en est ordinairement ni à la poudre, ni à l'amorce, mais à la cartouche dans son ensemble, c. à. d. que des trois facteurs: charge de l'amorce, charge de poudre et poids de la balle — n'y sont pas suffisamment coordonnés.

Le diamètre des trous par lesquels la flamme de l'amorce pénètre à l'intérieur de la douille doit être exactement calibré à son tour. Les tireurs qui, par raisons d'économie, ont l'habitude de recharger leurs douilles vides, seront dans le cas d'observer que peu à peu la régularité du tir se ressent du fait que, par les déflagrations successives et l'oxydation, le diamètre de ces orifices finit par augmenter; la pression des gaz d'explosion augmentera dans la même mesure.

La charge de l'amorce (fulminate) est assez sensible à l'humidité. Voilà pourquoi le bord de l'amorce porte ordinairement un anneau en laque noire destiné à empêcher l'humidité de pénétrer à l'intérieur. Les cartouches qui ont souffert de l'humidité et qui donnent des ratés au tir sont le plus souvent de nouveau utilisables après séchage, mais la régularité du tir s'en ressentira toujours.

L'explosion de la poudre produit une pression de gaz variant de 400 à 700 atmosphères dans les fusils de chasse (à petits plombs) et de 2800 à 4000 atmosphères dans les armes militaires. Cette pression s'exerce naturellement dans tous les sens à l'inté-

¹⁾ Das Rosten der Schußwaffen und seine Verhütung. M. B. 1917.

rieur de la douille, et ce sont les parois latérales de la douille qui, représentant la plus grande surface, subiront le gros de l'effet de cette pression. Sous l'influence de celle-ci, les parois latérales de la douille sont dilatées et moulées exactement sur les parois de la chambre à cartouche du fusil à tel point que les moindres inégalités de celle-ci se trouvent imprimées sur la surface extérieure de la douille. Un petit morceau de papier p. ex., même un fil de soie tout à fait mince intercalé entre la cartouche et la chambre laissera sur le métal de la douille une empreinte d'une netteté parfois étonnante. Par ce moulage intime, le frottement entre la douille et la chambre peut devenir tellement fort qu'après avoir tiré une cartouche dans une arme non fermée en arrière, la douille est souvent retenue dans le canon quand-même; le plus souvent alors le fond de la douille est arraché et projeté en arrière. Cette expérience prouve qu'une bonne douille déchargera considérablement la culasse de fermeture de l'arme, en même temps qu'à raison de la fermeture étanche qu'elle assure, elle évitera complètement le retour en arrière des gaz d'explosion qui pourraient mettre en danger les yeux du tireur. Tout cela ne se produit pas si l'on tire à charge réduite; on observe fréquemment alors des gaz sortant par la culasse et même des grains de poudre non brûlée s'intercalant entre la douille et la chambre à cartouche.

Par la dilatation de la douille et son moulage intime aux parois de la chambre, son extraction, après le coup de fusil, peut devenir difficile; c'est pourquoi on lui donne le plus souvent une forme plus ou moins conique (cartouche Lebel). Vers la fin de la guerre, les Allemands qui étaient à court de cuivre, fabriquaient des douilles en acier doux, mais qui étaient fortement cuivrées à l'extérieur pour éviter la formation de rouille. L'extraction d'une cartouche brûlée portant des taches de rouille à sa surface eût été franchement impossible.

Le travail utile de l'explosion est représenté par le lancement du projectile; nous en parlerons plus long dans un prochain numéro. Disons pour le moment que la réaction de cet effet se trahit d'une manière plus ou moins sensible par le recul de l'arme. Ce recul prend naissance au moment même où la balle quitte le canon, et il est facile de comprendre que sa force dépend avant tout de la relation qui existe entre le poids de l'arme et celui de la balle. En effet, plus l'arme est lourde et plus la balle est légère, moins le recul se fera sentir, et inversement: une arme légère tirant une balle lourde donnera un recul très désagréable. Avec une carabine Lee U. S. Navy du calibre de 6 mm p. ex. le tir est presque aussi doux (à part la terrible détonation) qu'avec une carabine Flobert, malgré la charge formidable de la cartouche Lee: c'est que la balle de 6 mm est très légère. Comme exemple frappant de l'inverse citons la carabine courte Lebel. Cette carabine

très légère tire la lourde balle du fusil Lebel; aussi le recul en est-il presque insupportable. Les fusils de chasse²⁾ légers, malgré leur charge de poudre relativement faible, donnent un recul très notable dû au poids de la charge de petits plombs. Et combien de chasseurs ont déjà payé cher, par une fracture très grave du bras, l'étourderie d'avoir tiré un coup de fusil, le bras tendu, comme pour le tir au pistolet!

Dans différentes armées on fait usage de cartouches spéciales à balle d'aluminium pour initier au tir les conscrits qui ont trop peur du recul; peu à peu ces cartouches qui ne donnent pas de recul sensible sont remplacées par les cartouches réglementaires.

Avant d'essayer une nouvelle carabine, il est donc à recommander de se rendre compte du poids de la balle et de celui de l'arme; on a une idée alors du recul auquel il faut s'attendre. Cette précaution n'est pas de nature à éviter toute surprise pourtant. La balle du Savage .303 p. ex. s'engage profondément dans la douille qui en enveloppe plus que la moitié; on croit donc avoir à faire à une balle légère tandis qu'en réalité elle est très longue et lourde, et le recul de l'arme est très fort. Dans les armes à répétition automatique le recul est absorbé en grande partie par le mécanisme à répétition.

Pour finir, disons un mot du danger que peuvent présenter des cartouches chargées en cas d'incendie. Dans un feu à l'air libre les cartouches en carton, chargées de petits plombs, ne sont pas dangereuses du tout: la douille se déchire d'un côté, et ni les plombs ni la douille ne sont projetés au loin. Pour les cartouches métalliques chargées à la poudre pyroxylée, le danger n'est pas grand non plus. La douille éclate en lambeaux qui peuvent provoquer de légères blessures, mais la balle, à cause de son inertie, ne bouge pas de place; le fond de la douille est quelquefois projeté à grande distance. En général, tant qu'il ne s'agit pas de grandes quantités, les cartouches chargées ne présentent pas un grand danger en cas d'incendie. Le danger est bien plus grave quand il s'agit p. ex. d'un feu de poêle: l'énorme volume de gaz produit par l'explosion dans un espace réduit peut causer alors de sérieux ravages.

²⁾ On appelle «fusil» (Flinte) une arme à canon non rayé, tirant des petits plombs, et «carabine» (Büchse) une arme à canon rayé, tirant la balle. Pourtant, dans le langage militaire, on désigne sous le nom de fusil l'arme du fantassin, et on nomme carabine le fusil militaire raccourci: l'arme à feu de la cavalerie.

II. Du projectile.

Le projectile est mis en mouvement, à l'intérieur du canon, par la poussée des gaz d'explosion; le temps qu'il lui faut pour parcourir la longueur de l'âme du canon est à peine d'un millième de seconde. Pendant ce court espace de temps, l'énergie développée par l'explosion de la poudre se transforme, partiellement, en énergie de mouvement imprimée à la balle. C'est cette énergie de mouvement qui continue à agir sur le projectile quand celui-ci a quitté l'âme du canon; c'est grâce à elle que la balle continue, pendant un trajet plus ou moins long, sa course dans la direction qui lui a été donnée par le canon du fusil; c'est à elle aussi que sont dus les effets de destruction et de pénétration du projectile.

Cette énergie de mouvement constitue donc la constante la plus importante d'une arme à feu. Elle est une fonction du poids de la balle et de sa vitesse, selon la formule bien connue

$$e = \frac{m \cdot v^2}{2},$$

dans laquelle v est la vitesse de la balle et m sa masse, c'est-à-dire son poids divisé par la gravité: 9,81. Nous pouvons donc écrire:

$$e = \frac{p \cdot v^2}{2 \cdot 9,81},$$

p étant le poids de la balle. La balle française «D» par exemple, d'un poids de 12,8 gr et d'une vitesse initiale de 700 mètres par seconde, aura, au sortir de canon, une énergie de 318 mètres-kilogrammes. C'est l'énergie nécessaire pour soulever, en une seconde, un poids de 18 kg à la hauteur d'un mètre. La balle d'un petit Browning de poche (cal. .25 = 6,35 mm) pesant 3,2 g., a une vitesse initiale de 228 ms. Son énergie sera donc

$$\frac{3,2 \cdot 228^2}{2 \cdot 9,81} = 8,5 \text{ kgm.}$$

Cette énergie imprimée à la balle diminue rapidement au cours de sa trajectoire, grâce à l'action de la résistance de l'air. Ainsi la balle pointue «S» du fusil militaire allemand, douée d'une vitesse de 900 ms. à la bouche du canon, n'en a plus que 577 à une distance de 400 mètres, c'est-à-dire après environ deux tiers de seconde.

Des deux facteurs, masse et vitesse, composant la formule de l'énergie, le premier est constant; c'est donc uniquement la vitesse du projectile qui est réduite par l'action de la résistance de l'air. Nous montrerons, dans un autre chapitre, qu'en présence de très grandes vitesses, cette résistance de l'air peut prendre des valeurs incroyables.

Supposons deux balles de même forme et de même volume

dont l'une serait plus lourde que l'autre, quoique douée de la même énergie de mouvement au sortir de l'arme. Pour avoir une énergie égale à celle de la balle lourde, la balle légère devra être animée d'une vitesse beaucoup plus grande. La résistance de l'air, qui grandit avec la vitesse, et beaucoup plus rapidement que celle-ci, exercera une action réductrice beaucoup plus forte sur l'énergie de la balle légère que sur celle de la balle lourde. Celle-ci, qui est restée d'abord en arrière sur l'autre, la rejoindra et la dépassera bientôt. A ce moment son énergie, c'est-à-dire sa capacité de destruction et de pénétration aura dépassé, depuis quelque temps déjà, celle de la balle légère. C'est à peu près le cas des deux balles de guerre française et allemande. La balle «D» française pèse 12,8 gr; elle a une vitesse initiale de 700 ms. et une énergie de 318 kgm. Les valeurs respectives du projectile «S» allemand sont: poids 10 gr, vitesse 900 ms, énergie 400 kgm.

A une distance de 400 m, la vitesse et l'énergie des deux balles sont les suivantes:

	vitesse	énergie
balle française	540 ms.	172 kgm.
balle allemande	577 ms.	167 kgm.

Nous voyons donc qu'à une distance d'environ 350 m déjà, grâce à la résistance de l'air, le grand écart entre les valeurs de l'énergie des deux balles a disparu, et qu'à partir de cette distance la balle française l'emporte sur l'autre. Cette supériorité est due en partie à la forme de la balle «D», qui est plus avantageuse pour vaincre la résistance de l'air.

Il découle de ce qui précède que, pour obtenir de grands effets à de longues distances, il faut que le projectile soit aussi lourd que possible et qu'il ait une forme réduisant la résistance de l'air à un minimum. C'est ainsi qu'on est arrivé aux petits calibres descendant jusqu'à 6,5 et même à 5 mm (fusil mexicain), et à la forme allongée et cylindrique des projectiles. La réduction du calibre, c'est-à-dire de la section transversale du projectile ne suffisait pas, car les balles rondes de petit diamètre avaient une masse trop faible. Ce qu'il fallait, c'était une masse, une densité par mm² de section aussi élevée que possible. De là la forme de plus en plus allongée des projectiles qui, aujourd'hui, tout en conservant le nom, n'ont plus rien de commun avec la forme sphérique d'une «balle». Plus tard, on a diminué encore la résistance de l'air, en donnant au projectile une forme pointue en avant et rajeunie en arrière. Pour obtenir une densité maxima par mm² de section, on a dû employer le métal le plus dense pratiquement utilisable, c'est-à-dire le plomb. Le tungstène, d'une densité de beaucoup supérieure à celle du plomb, conviendrait bien mieux, si sa rareté et son prix élevé ne s'opposaient pas à son emploi.

Pourqu'avec ces nouveaux projectiles la résistance de l'air s'opposant à leur passage soit réduite à un minimum, il faut que sur tout le parcours de leur trajectoire, ils maintiennent leur position parallèle à celle-ci, c'est-à-dire que la pointe reste en avant. L'énergie de propulsion de la balle agissant sur son centre de gravité, cette condition serait facilement remplie, si le centre de gravité se trouvait placé très en avant, tout près de la pointe. En réalité c'est le contraire qui se produit: les balles pointues en particulier ont leur centre de gravité reculé bien en arrière; par conséquent elles ont la tendance de se renverser au moment de quitter l'âme du canon. Pour éviter cette éventualité et pour forcer la balle de garder, sur tout son parcours, une position parallèle à la tangente de sa trajectoire, on va lui octroyer un mouvement de rotation très rapide, en l'obligeant à suivre les rayures taillées dans l'âme du canon. Ces rayures, taillées en spirale dans les parois intérieures de l'âme, sont au nombre de trois à six. Grâce à elles, le projectile est forcé de faire trois fois environ le tour de son axe pendant son trajet dans le canon du fusil. Pour les armes de guerre ce trajet ne dure qu'un millième de seconde environ, et la balle, en sortant de l'arme, est douée d'un mouvement de rotation d'environ 3000 tours par seconde, soient 180000 tours par minute. Cette vitesse de rotation extraordinaire dépasse de beaucoup celles réalisables par n'importe quel autre moyen mécanique. Pour que la balle soit forcée de suivre le pas des rayures, on lui donne un calibre un peu supérieur au diamètre du canon (0,15 à 0,20 mm environ).

La vitesse de rotation qui est communiquée de cette manière au projectile, dépend de sa vitesse de projection et de l'inclinaison plus ou moins forte des rayures du canon ou fusil. Elle doit être d'autant plus grande que le centre de gravité du projectile sera plus reculé en arrière et que la vitesse de propulsion sera plus grande. Il est clair qu'en augmentant la vitesse d'un projectile, par l'emploi d'une poudre plus brisante p. ex., on augmente automatiquement la vitesse de rotation. Il est donc inutile d'augmenter l'inclinaison des rayures et, d'une manière générale, le pas des rayures actuellement en usage représente un maximum pratique. Il est d'ailleurs prouvé par des expériences qu'on peut le diminuer notablement sans inconvénient aucun. Il va sans dire qu'en diminuant l'inclinaison des rayures, on réduit également l'énergie absorbée par le frottement du projectile lors de son passage à travers le canon. La balle ira plus vite, la pression moyenne sera moindre, et on pourra faire usage d'une poudre plus forte, plus brisante.

Plus l'inclinaison des rayures du canon sera forte et plus la vitesse de la balle sera grande, plus le travail absorbé par l'entaille des rayures dans la balle deviendra considérable. Ordinairement ce travail représente 12 % environ de l'énergie totale de la

balle. Le métal dont est composée la surface de la balle doit être plus dur également; autrement le projectile, sous la forte poussée des gaz d'explosion, glisserait par-dessus les rayures qui feraient arracher le métal au projectile. D'autre part l'usure du canon sera d'autant plus rapide que la surface de la balle sera plus dure. Il y a donc tout intérêt à réduire autant que possible le pas des rayures. On comprendra aisément pourquoi on a dû renoncer à l'emploi des balles de plomb homogènes depuis que la poudre pyroxylée a trouvé une application presque exclusive. Ces poudres donnent d'énormes vitesses; voilà pourquoi on a été obligé d'envelopper le noyau de plomb d'une chemise en métal plus dur, ordinairement composé d'un alliage de cuivre et de nickel. D'une manière générale l'emploi des balles de plomb homogènes est devenu impossible par l'introduction de la poudre pyroxylée; il n'y a que quelques marques de poudre sans fumée, plus douces celles-là, qui permettent l'usage de balles en plomb seul, à condition qu'elles soient employées à charge faible et avec des balles bien graissées; à défaut de ces précautions, les rayures du canon sont rapidement remplies de plomb. L'encastrement du projectile dans les rayures du canon du fusil produit un échauffement très fort; aussi les grandes vitesses produites par les poudres pyroxylées amèneraient-elles souvent la fusion de la surface des balles en plomb. Il y a eu même des cas où le plomb a été porté à la fusion, même dans des balles à enveloppe d'acier ou de maillechort, par des tirs trop accélérés à l'aide de fusils d'essai à pas de rayure très fort. C'est qu'à la chaleur produite par le frottement de la balle vient s'ajouter celle de la combustion de la poudre, dont la flamme atteint une température de près de 3000°.

Cette rotation de la balle, généralement peu appréciée et même peu connue, produit une série d'autres effets encore qui sont très intéressants. Dans mon étude sur les bombes des aviateurs, en parlant du danger des ricochets, j'avais glissé, bien à dessein, entre parenthèses, la phrase suivante: «Il se peut même qu'une balle, après ricochet, possède une force de pénétration plus grande encore qu'auparavant, détail qui non seulement est facile à expliquer au point de vue de la théorie, mais qui peut être démontré aussi en pratique.» La remarque devait paraître absurde à quiconque a quelques notions de mécanique, car il est évident que le projectile, en frappant l'obstacle contre lequel il ricoche, y laissera une grande partie de son énergie; celle-ci étant fortement réduite, il devrait en être de même de l'énergie de pénétration de la balle. Or, de mes nombreux amis et lecteurs qui ont entrepris de commenter et de critiquer maints détails de mon travail d'alors, aucun ne m'a interpellé au sujet de ce paradoxe. Et pourtant, l'auront-ils compris bien au juste? Je m'en doute fort quoique le fait, comme tel, soit parfaitement exact. — C'est que toute balle qui

est lancée d'une arme à feu rayée est assujettie à deux énergies différentes: l'énergie de projection et l'énergie de rotation. La première diminue rapidement, sous l'influence de la résistance de l'air; *la seconde reste constante sur tout le parcours de la trajectoire*, parce que, pratiquement parlant, la surface polie des projectiles n'offre pas de résistance à l'air; l'énergie de rotation n'en sera pas plus retardée que celle d'un arbre de transmission p. ex.

Supposons alors qu'une balle n'ait plus, vers la fin de sa trajectoire, qu'une énergie de projection inférieure à l'énergie de rotation. Au moment même où elle touchera un obstacle, sous un angle qui la fait ricocher, cette énergie de rotation se transformera en énergie de projection qui viendra s'ajouter nécessairement à celle du projectile. Ceux parmi mes lectures qui ont déjà joué au boum-bang comprendront de suite, et tout joueur de billard quelque peu habile sera dans le cas de pouvoir démontrer le même phénomène à quiconque veut bien s'y intéresser: Une balle jouée avec un fort effet allant lentement vers la bande en ricochera avec une vitesse sensiblement plus grande.

Grâce à cette vitesse de rotation énorme, la force centrifuge agissant sur la périphérie du projectile peut atteindre une valeur telle qu'elle fait éclater l'enveloppe au sortir de l'arme. Le cas s'est présenté assez souvent avec la balle «S» allemande dont la chemise en maillechort est entaillée le plus profondément à l'endroit de la plus grande périphérie justement, c'est-à-dire à la base. Voilà pourquoi on a intercalé, entre le noyau de plomb et la chemise en maillechort, une enveloppe en acier doux, plus résistante que cette dernière. Nous verrons, dans un prochain chapitre, que cette rotation de la balle à enveloppe peut provoquer des effets de destruction terribles si, ce qui arrive fréquemment, l'enveloppe se déchire dans le corps humain. Nous verrons aussi que les dispositifs de sûreté des fusées d'obus (Sicherungen der Granatzünder) sont le plus souvent mis en action par les forces centrifuges et autres dues au mouvement de rotation des projectiles.

La résistance que la balle éprouve au passage des rayures peut donner lieu à des phénomènes assez curieux dont la connaissance serait de nature à éviter bien des accidents de tir. Si on enlève p. ex. la pointe aux projectiles à enveloppe pour les transformer en balles dum-dum, il peut arriver que le noyau de plomb seul est projeté au loin, tandis que l'enveloppe reste dans le canon, étant retenue par le frottement trop dur. C'est qu'à sa base, sur laquelle agit la pression des gaz, le projectile ordinaire à chemise est ouvert, c'est-à-dire que le plomb n'y est pas recouvert de l'enveloppe. La pression des gaz agit donc presque exclusivement sur le noyau de plomb qui, si la pointe de l'enveloppe

est enlevée, n'adhère pas assez fortement à celle-ci pour la remorquer à travers les rayures. Si le tireur ne s'aperçoit pas de la présence de l'enveloppe dans le canon, l'explosion de l'arme au coup suivant est à peu près certaine. C'est pourquoi les balles de chasse, genre dum-dum, ont une enveloppe ouverte en haut, mais fermée à la base; elles peuvent donner lieu au même accident pourtant, si on tire à charge réduite. L'énergie transmise au projectile par la poussée des gaz d'explosion agit sur la partie la plus lourde surtout qui est le plomb. Il se peut alors que la pression des gaz, qui diminue rapidement au fur et à mesure que la balle s'avance dans le canon, ne suffise pas pour chasser le projectile tout entier à travers les rayures; la chemise en restera dans le canon, tandis que le plomb, chargé d'une forte énergie de projection due à la première poussée de l'explosion, s'arrache et s'envole!

Le fait bizarre de la balle «S» allemande qui, à 100 m de distance, traverse une épaisseur de 60 cm de bois de sapin, tandis qu'à 400 mètres elle en perce 80, tient également, en partie du moins, à la rotation du projectile. Cette rotation, nous venons de le dire, devra être d'autant plus rapide que la vitesse de translation du projectile sera plus grande et que son centre de gravité sera plus reculé en arrière. Or, la balle «S» a une vitesse de projection initiale énorme (900 ms), et son centre de gravité est très mal placé, ce qui fait qu'au commencement de sa course sa vitesse de rotation n'est guère suffisante. La balle „papillonne“ et si, à courte distance, elle touche un obstacle, alors que son axe se trouve dans une position oblique à celui-ci, le projectile se renverse. Au tir à 100 m on la retrouve toujours dans le bois, la base en avant. Pendant le trajet du projectile dans l'air, sa vitesse de propulsion diminue rapidement, tandis que sa vitesse de rotation reste la même; sa stabilité devient donc de plus en plus grande, et la tendance de se renverser diminue. C'est pourquoi, à 400 m, la balle ne se renverse plus en touchant le bois; elle le perce, la pointe en avant, détail qui explique que son énergie de pénétration est plus grande alors.

Dans la littérature de nos jours on trouve, par rapport à ces questions, les opinions les plus erronées. Ainsi, dans un travail sur les lésions provoquées par les balles renversées, les balles dum-dum etc., travail qui a été publié dans les «Annales d'hygiène publique et de médecine légale», en 1916, vol. XXV, p. 261, M. Chavigny dit ceci: «Il paraîtrait que la balle allemande est d'une stabilité médiocre et qu'au delà de 400 mètres, il lui arrive assez fréquemment de se renverser, de devenir folle.» Nous venons de démontrer que c'est juste le contraire qui a lieu, que c'est au commencement de sa course que la balle allemande est folle, qu'elle papillonne et qu'elle se renverse au moindre choc, tandis-

qu'à partir de 400 mètres environ sa stabilité est parfaite, grâce à l'action de sa vitesse de rotation restée constante. Dans un journal de tir on avait, il y a quelques années, posé la question suivante: On tire verticalement en l'air une balle pointue, en lui laissant la première fois sa position normale, c'est-à-dire que la pointe est dirigée vers le haut; puis, la seconde fois, on va la lancer la pointe en bas, le fond en haut. Dans quelle position les balles reviendront-elles par terre dans l'un et dans l'autre cas? La réponse était bien simple: la balle revient toujours dans la position qu'elle avait eue au départ; elle reviendra donc, la pointe en haut, dans le premier cas, la pointe en bas, dans le second. Sa vitesse de rotation qui ne diminue pas sensiblement pendant tout le trajet, l'empêchera absolument de changer de position.

La fâcheuse tendance des balles «S» de basculer facilement, pendant la première partie de leur trajectoire, est détestée par les chasseurs qui se servent de ces projectiles. Un brin d'arbuste déjà suffit pour renverser la balle et rendre illusoire la précision du tir. C'est pour cette raison qu'on a donné aux balles «S» destinées aux armes de chasse une forme un peu plus renflée et plus cylindrique, dans le but de rapprocher un peu du sommet leur centre de gravité.

Le calibre des projectiles est représenté par leur diamètre exprimé en millimètres sur le continent, en millièmes de pouce (un pouce = 25 mm) en Angleterre et en centièmes de pouce en Amérique. Les indications différentes des calibres prêtent souvent à des confusions, dues au fait que tantôt on indique le calibre du canon de l'arme, tantôt celui du projectile. Or, les deux valeurs diffèrent généralement de 0,15 à 0,20 mm. Les calibres les plus en usage pour les armes usuelles sont les suivants:

Calibre .25 = 5,6 mm et calibre 6 mm des carabines Flobert.

Calibre .25 = 6,35 mm; c'est celui des petits «Browning» de poche.

Calibres .30 et .32 = 7,5 et 8,0 mm: fusils de guerre, fusils de chasse et revolvers.

Calibre .32 = 7,65 mm; pistolets automatiques genre Browning, modèle de police.

Calibre .38 = 9 mm; pistolets automatiques militaires, revolvers, carabines de chasse.

Calibres .40, .44 et .45 = 10 et 11 mm; pistolet Colt américain, revolvers et armes de chasse.

Il y a, en outre, quelques armes de guerre qui sont des calibres 6.5 et 7 mm.

III. Des effets de la balle.

En heurtant un obstacle, le projectile le traverse, y pénètre plus ou moins profondément ou s'aplatit à sa surface et s'y disloque. L'effet produit par la balle dépend de son poids, de sa vitesse (donc de son énergie de mouvement) et de la matière dont elle est constituée.

Le premier obstacle que la balle rencontre après son départ de l'arme, c'est l'air. Nous avons déjà dit quelques mots de la résistance de l'air; nous en parlerons plus long dans un autre chapitre. Disons pour le moment que la largeur de la couche d'air que la balle peut traverser, nous donne la portée maxima de l'arme qui l'a lancée. Cette portée maxima varie pour les armes modernes d'environ 1000 mètres (pistolets et revolvers) à 4500 m (fusils militaires). La carabine Lee Straightpull U. S. N. 6 mm porte même au-delà de 6000 m.

Les courants d'air produits par la balle dans ses alentours immédiats sont, contrairement à ce que l'on a prétendu maintes fois, absolument inoffensifs. Loin de pouvoir blesser grièvement ou même de tuer un homme ou une bête, ils n'ont pas même assez de force pour éteindre la flamme d'une bougie! Si l'on tire à la carabine à travers la flamme, elle ne s'éteint que rarement; pour l'éteindre, il faut viser en bas de la flamme et couper la mèche ou enlever le bout supérieur de la bougie. On a souvent vu, dans les Variétés, des artistes-tireurs éteindre à la balle de longues séries de bougies. Le fait que ces bougies s'éteignent sans qu'elles soient endommagées par la balle, démontre qu'il y a tricherie. Notons à cette occasion que le tir sur une flamme, sur un point luisant en général, est remarquablement facile. Tout tireur quelque peu exercé peut s'en convaincre en tirant p. ex. sur une flamme de bougie à travers un goulot de flacon placé devant.

Pour les gaz il n'y a donc pas d'action latérale notable au passage d'un projectile. Il en est tout autrement pour les liquides. En effet, il est connu depuis longtemps que les projectiles animés d'une grande vitesse produisent des effets explosifs en entrant dans un récipient rempli de liquide. Les organes du corps humain p. ex. renfermant des liquides ou des semi-liquides, comme le cœur, la vessie, l'estomac, le crâne, font explosion, si une balle d'infanterie les frappe à courte distance. Si l'on tire verticalement sur une barrique remplie d'eau et bouchée, elle sera complètement disloquée. Des vessies, des bidons, des bouteilles remplies d'eau volent en éclats. L'effet est absolument le même que si une cartouche d'explosif avait éclaté au milieu du liquide. L'eau du récipient est projetée de tous côtés, mais surtout dans la direction du tireur.

Ces effets s'expliquent par le fait que, d'une part, les liquides sont très peu compressibles et que, d'autre part, leurs particules se déplacent facilement l'une par rapport à l'autre.

L'énergie de mouvement de la balle est transmise entièrement ou en partie à l'obstacle, et tout d'abord aux particules touchées les premières par le projectile; celles-ci transmettent une partie de l'énergie reçue à leurs voisines et ainsi de suite. Les particules en deviennent elles-mêmes des projectiles animés d'une grande vitesse, et dont la vitesse et l'énergie de mouvement sont absorbées plus ou moins rapidement suivant la nature du milieu par le frottement des particules entre elles. Les masses mises en mouvement de cette manière acquerront le maximum de vitesse dans la direction de la moindre résistance (y compris les résistances dues à l'inertie!). Il va sans dire que les effets de ces énergies des particules seront d'autant plus graves que le frottement des particules de l'obstacle entre elles est plus faible (liquides!).

Cette théorie explique très bien non seulement les effets des balles sur les liquides, mais aussi, comme nous le verrons tantôt, maints effets bizarres sur des milieux solides.

Les effets latéraux qui ont lieu dans les liquides absorbent rapidement l'énergie de la balle et en réduisent fortement la profondeur de pénétration. L'eau ayant une densité environ 800 fois plus forte que celle de l'air, une balle d'infanterie devrait traverser une couche d'eau d'environ 6 mètres. Or, en réalité, elle ne produit, dans l'eau, des effets sensibles qu'à une distance d'environ deux mètres!

Ce qui se passe dans des vases fermés remplis de liquide, a lieu aussi au tir sur les eaux libres, sur l'eau d'un étang, d'un ruisseau, d'un lac. Grâce aux énergies latérales qui prennent naissance aux alentours de la trajectoire, il est possible p. ex. de tirer à la balle sur un poisson, dans l'eau, et de le tuer, d'en tuer ou d'en assommer même plusieurs à la fois, sans qu'un seul d'entre eux ne soit touché par le projectile; toutefois cette action latérale se confine-t-elle à une faible distance. Ainsi, pour une carabine des plus puissantes, la région de l'action utile dans l'eau est donnée par un cône dont la base, d'un rayon de 35 cm environ, se trouve sur la surface de l'eau et dont le sommet se trouve à une profondeur d'environ un mètre. Les petits plombs de chasse ont une action utile, pour le tir aux poissons, jusqu'à une profondeur d'environ 18 cm. Une couche d'eau d'un peu plus d'un mètre constitue donc une cuirasse protectrice pour les poissons. Le brochet p. ex. nage ordinairement à une profondeur de 50 cm. Si l'on tire dans une direction oblique, comme tel est ordinairement le cas, il faut que la balle traverse 1 mètre d'eau pour atteindre le brochet, si la direction du tir forme avec la

verticale un angle de 30°. Cet angle de 30° constitue donc le maximum admissible pour le tir au brochet. Or, pour un tireur debout dans un canot, ce maximum est atteint à une distance d'environ 4 mètres. Donc le tir sur un brochet à une distance qui serait supérieure à 4 m. n'aurait plus guère de raison d'être! (Naturellement, en tirant sur un objet sous la surface de l'eau, il faut viser plus ou moins en dessous de l'objet, à cause de la réfraction.) D'ailleurs le tir sur l'eau, à un angle de plus de 30°, peut-il devenir dangereux pour l'entourage à cause des ricochets. Si l'eau est en mouvement, on ne sait jamais sous quel angle la balle touchera sa surface! Or, le projectile n'étant guère déformé sur l'eau, ordinairement les ricochets vont encore bien loin et, ce qui est bien pire, vont souvent dans des directions tout à fait inattendues! Attention donc au tir sur l'eau!

Les balles Flobert 6 mm pénètrent dans l'eau à une profondeur d'environ 50 cm, les .22 short à 60 cm. A cette profondeur les projectiles ne produisent plus aucune impression sur une planche de bois de sapin.

L'argile humide se comporte quelque peu comme un liquide. Les effets explosifs s'y traduisent par un élargissement du canal produit par la balle. Le volume de la cavité ainsi formée, à l'intérieur d'un bloc d'argile, peut dépasser 500 fois le volume de la balle. La largeur de l'excavation diminue avec la vitesse de la balle.

C'est le bois de sapin qui sert le plus souvent de matière d'essai pour l'évaluation de la force de pénétration d'un projectile. Les essais se font ordinairement au moyen de planches de sapin de 25 mm d'épaisseur, placées à 25 mm l'une derrière l'autre. Citons quelques chiffres indiquant la pénétration des armes à main les plus communes, à une distance de 10 à 20 mètres:

Arme	Calibre en mm	Pénétration en cm
Carabine Flobert	6 mm	1,5
Carabine Fl. cartouche américaine .	.22 = 5,6 mm	7,5
" " " " .	.22 long	7,5
" " " " .	.22 long rifle	13,0
Pistolet Browning de poche25 = 6,35 mm	6,5
" " de police32 = 7,65 mm	12,0
" " de guerre38 = 9 mm	17,0
" Parabellum (Lueger) suisse .	.32 = 7,65 mm	30,0
" Mauser de guerre32 = 7,65 mm	27,0
Fusil militaire Luxembourg-Suède .	6,50 mm	90,0
" " allemand	7,9 mm (à 400 mètres)	80,0
" " américain	7,9 mm	120,0
Fusil Lee Straightpull U. S. N. . .	6,0 mm	135,0

Ces chiffres représentent les moyennes d'un grand nombre d'essais, les résultats des différents coups d'essai variant souvent fortement, suivant que la balle rencontre des fibres plus ou moins résistantes, qu'elle se déforme, se renverse etc.

Ajoutons, à titre de curiosité, qu'un obus du canon 75 de campagne traverse 2,50 mètres de bois, un obus de 15 cm en traverse une épaisseur d'environ 7 mètres! En 1914 on faisait, au Canada, des essais avec un fusil Ross dont la balle aurait pénétré à plus de deux mètres dans du bois de sapin!

Le bois frais humide oppose au passage de la balle une résistance beaucoup plus grande que le bois sec. C'est le contraire de ce qui a lieu pour la terre et le sable. Une balle d'infanterie moderne traverse, à bout portant, environ 60 cm de terre végétale sèche et 80 cm de terre humide. La pénétration, dans du sable sec, est de 22 cm, dans du sable humide, elle est de 30 cm. La neige non tassée est traversée à une profondeur de 3,50 m environ.

La laine de matelas forme un excellent bouclier contre les balles de pistolet ou de revolver, vu que même les projectiles les plus puissants des fusils militaires n'en traversent qu'une couche de 80 à 90 cm. Pour tous ces milieux solides peu résistants, la pénétration du projectile est ordinairement plus facile à 100 m qu'à 400 m. L'explication de ce phénomène a été donnée au chapitre précédent. Ce que nous y avons dit pour le bois, s'applique aussi bien au tir dans la terre, du sable, de la neige etc.

Le sable sec et la pierre sont les meilleurs moyens de protection contre les projectiles. Une balle 6 mm Lee U. S. N. qui traversait 135 cm de bois et 1,2 cm de fer, ne pénétrait qu'à 15 cm dans du sable de silice calciné! Après le coup, le sable était tout chaud au toucher, et l'enveloppe de la balle montrait des couleurs de recuit. Presque toute l'énergie du projectile avait été transformée en chaleur. Une partie de la balle semble s'y réduire en poussière et se volatiliser. Dans son traité de Balistique, Cranz cite le fait qu'à l'Usine Mauser, à Oberndorf, on avait tiré un million de balles d'infanterie dans un pare-balles composé de sable sec. On n'en put extraire plus tard que 500 kg de métal environ, au lieu de 10000!

Dans le sable humide, la pénétration est plus grande, l'humidité agissant comme lubrifiant. Des effets explosifs tels que ceux qui ont été décrits au sujet des liquides, n'ont pas été observés. La théorie développée pour expliquer ces effets, s'applique sans nul doute au sable aussi; seulement, le frottement des grains de sable qui sont à arêtes tranchantes et d'une dureté énorme (6), est trop considérable pour que ces grains puissent se déplacer

avec une grande vitesse. Donc, à cause du frottement, l'énergie de la balle transmise au sable y est transformée presque toute entière en chaleur.

Dans les corps solides, tout comme dans les liquides, les particules environnant celles qui sont touchées par la balle, deviennent le siège d'une énergie de mouvement qui se transmet de particule en particule, quelque minime que soit ce mouvement. En tirant sur un bloc massif en pierre par exemple, on voit très souvent des écailles se détacher de la pierre du côté opposé à celui qui est touché par la balle. C'est que l'onde du choc traverse tout le bloc. Une balle perforant une plaque en fer ou en acier, y laisse un trou d'un diamètre beaucoup plus grand que le sien propre et, aux bords de la perforation, le métal est évasé non seulement du côté de la sortie, mais surtout du côté de l'entrée de la balle! C'est que les particules de fer, sous l'influence du choc du projectile, se mettent en mouvement de tous les côtés, tout comme celles des liquides, et ce mouvement est le plus intense dans la direction de la moindre résistance qui, à un moment donné, est celle dirigée vers le tireur.

Pour les effets des projectiles animés d'une grande vitesse, le temps d'action sur l'obstacle ainsi que les effets de l'inertie tant de la balle que de l'obstacle, jouent un rôle des plus importants et sont la cause de phénomènes très bizarres. Une balle «S» à chemise d'acier est très souvent complètement démolie et déchirée au tir dans l'eau, tandis qu'on peut tirer un morceau de bougie à travers une planche assez épaisse en bois; une baguette en bois tendre traverse une planche en bois très dur sans déformation appréciable. A ces vitesses énormes, le projectile aussi bien que l'obstacle semblent être beaucoup plus durs. La baguette en bois tendre traverse la planche en un temps si court qu'une déformation ne peut avoir lieu. Une couche de glace qui se romperait sous le poids d'un homme, tient bon si un patineur passe dessus. Un disque en papier ou en laine tournant à grande vitesse sert à polir les métaux même les plus durs; un courant d'eau ou d'air animé d'une grande vitesse ressemble au toucher à un corps solide. Au tir, les parois des armes à feu résistent sans déformation à des pressions souvent beaucoup plus fortes qu'elles n'en supporteraient d'après les données sur la résistance des matériaux. L'âme des canons est usée rapidement par le passage des balles, bien que celles-ci qui sont en plomb ou en maillechort, soient beaucoup moins dures que l'acier du canon.

La balle de la carabine U. S. N. 6 mm, en plomb recouvert d'une chemise en cuivre rouge, perce 10 mm d'acier doux qui est énormément plus dur que la balle. Aussi celle-ci est-elle complètement démolie au choc; l'enveloppe se déchire à la pointe, se

retrousse et recouvre finalement les parois de la perforation. Le plomb est plaqué sur le morceau d'acier enfoncé; il est d'ailleurs porté à la fusion par la chaleur développée par le choc. On peut s'en rendre compte en tirant sur des plaques en acier plus minces, de 4 mm d'épaisseur p. ex., placées devant une couche de sable. On retrouve alors la balle dans le sable, mais toute déformée, et des fissures de l'enveloppe sortent des gouttelettes de plomb fondu.

Cette déformation et, le cas échéant, la dislocation complète du projectile ainsi que la chaleur développée expliquent en partie le phénomène que voici: pour percer une plaque en fer d'une épaisseur donnée, un projectile animé d'une grande vitesse a besoin d'une énergie qui dépasse de beaucoup celle qu'il faudrait à une machine à poinçonner. La balle U. S. N. 6 mm p. ex., citée à différentes reprises déjà, a une énergie de 238 kgm, c'est-à-dire qu'elle peut déplacer 238 kg d'un mètre ou 23800 kg d'un centimètre. Or, ce projectile perce une tôle en acier doux de 1 cm d'épaisseur exactement; il ne la perce plus si l'épaisseur en est de 11 mm; la perforation a un diamètre de 8 mm. Pour percer un trou de 8 mm de diamètre dans une plaque d'acier doux de 10 mm d'épaisseur, il faut donc à la balle une pression de 23800 kg. Or, la poinçonneuse fait le même travail à une pression de $p = \sigma. d. \pi. \epsilon = 3500.0,8.3,14.0,8.1 = 8792 \text{ kg.}$, pression qui n'est que le tiers environ de celle qui serait nécessaire à la balle. Comme machine à poinçonner, le fusil serait donc d'un très mauvais rendement!

La pénétration des balles, dans le fer et l'acier, peut être considérablement augmentée par l'introduction d'un noyau d'acier dur dans le projectile. C'est ce qu'on a fait, sur une large échelle, pendant la guerre en créant les «balles perforantes» (Panzergraschosse). Les Allemands, lors de leur retraite précipitée à travers le Grand-Duché, en ont laissé des quantités. La balle «P» allemande a presque exactement la forme et l'aspect de la balle «D» française. Elle renferme un noyau d'acier pointu qui est entouré d'une mince couche de plomb; le tout est enfermé dans une chemise en maillechort. L'analyse de la tige d'acier a donné les résultats suivants:

Phosphore.	0,021 %	Soufre.	0,020 %
Manganèse	0,368 %	Silice	0,162 %
Carbone.	1,330 %	Cuivre.	0,140 %

Nickel, chrome, titane, tungstène, vanadium, molybdène: néant.

Il s'agit donc d'un acier durci. On reconnaît les cartouches munies de balles perforantes à l'anneau de laque rouge qui en-

ture l'amorce. Certaines des cartouches marquées d'un anneau rouge portent une balle corrodée à la pointe. Ces projectiles renferment un petit noyau d'acier remplissant la pointe seulement. La partie inférieure du projectile est remplie d'un mélange de poudre de magnésium (aluminium) et de chlorate de strontium ou de barium. Ce mélange s'enflamme par le feu de la poudre de la cartouche et continue à brûler sur toute la trajectoire de la balle, produisant une lumière vive visible la nuit et, le jour, une traînée de fumée bien visible également. Ces balles traçantes (Leuchtpurgeschosse) permettent au tireur de suivre la trajectoire de la balle et de corriger son tir. Elles sont destinées à l'usage des aviateurs, ayant en outre la propriété de mettre le feu au gaz des ballons captifs ou aux bidons à essence de l'avion ennemi. Plusieurs de ces balles à trace lumineuse ont été ramassées à Luxembourg lors des attaques des avions anglais pendant la guerre.

Sur une plaque d'acier trop dure ou trop épaisse, la balle d'infanterie se réduit en miettes projetées avec une grande force le long de la plaque, c'est-à-dire dans un plan perpendiculaire à la direction du tir. Il n'y a donc pas de danger, pour le tireur, au tir à courte distance sur des plaques de fer ou d'acier au moyen d'un fusil de guerre. Dans l'obscurité, on observe une lueur rouge au moment où la balle touche l'acier. Les projectiles à faible énergie, comme ceux des revolvers, des carabines Flobert etc., reviennent assez souvent en arrière, dans la direction du tireur.

IV. Des effets des projectiles sur les êtres vivants. „Stopping power“.

Nos armes à feu sont destinées avant tout soit à la chasse, soit à la défense, destinées donc à être employées contre des êtres vivants. L'effet des balles sur le corps de l'homme ou de l'animal dépend de leur énergie ou, plutôt, de la partie plus ou moins grande de cette énergie qui est absorbée ou détruite par le corps touché. Mais le corps animal se compose d'un grand nombre de parties dont les blessures sont plus ou moins mortelles, et l'effet d'une balle dépendra encore des parties plus ou moins vitales qu'elle traverse. Un «bon» coup de fusil qui touche le cœur, les poumons, la cervelle, abattra l'animal avec une énergie nécessaire beaucoup moindre qu'un «mauvais» coup qui ne touche que des tissus, des muscles. Mais puisque, à la chasse comme à la défense, les «bons coups» blessant tel ou tel organe vital sont toujours dus plus ou moins au hasard, il nous faut, pour étudier les effets mortels d'une arme, considérer le corps vivant comme étant composé d'un grand nombre d'organes d'une importance, d'une vitalité moyenne égale. Le but d'un coup de feu sera alors d'atteindre un nombre aussi grand que possible de ces organes et d'y produire les plus grands ravages possibles. Comme ces effets de destruction sont de nature mécanique, nous les appellerons les effets mécaniques du projectile. Ces effets mécaniques seront le résultat de la transformation de l'énergie ou d'une partie de l'énergie de la balle en travail de destruction.

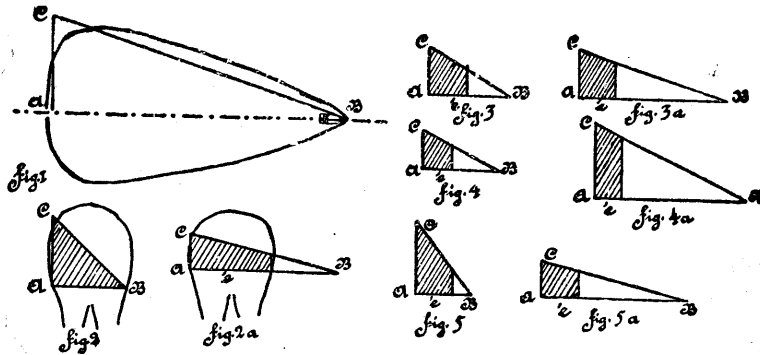
Le corps de l'homme ou de l'animal est caractérisé par sa forte teneur en liquides et se comporte, vis-à-vis des projectiles à grande vitesse, à peu près comme l'argile humide dont nous avons parlé dans le précédent chapitre. Nous avons dit que, dans un bloc d'argile humide, les balles animées d'une grande vitesse produisent des cavités ayant la forme représentée schématiquement par la figure 1. Comme, en tout point de la trajectoire A B, le diamètre de la cavité correspond à la quantité d'argile détruite, c'est-à-dire à l'énergie absorbée par l'argile, nous pouvons représenter approximativement l'énergie absorbée ou détruite pendant la trajectoire A B, par la surface d'un triangle rectangle A B C, dont la base A B représente la profondeur de pénétration du projectile.

Cette profondeur de pénétration est proportionnelle au poids de la balle et à sa vitesse et inversement proportionnelle à sa section (son calibre). Elle peut être évaluée par la formule

$$P = \frac{f.g.v}{s},$$

dans laquelle P est la pénétration de la balle, en centimètres, dans les tissus et les muscles du corps, g le poids du projectile en grammes, v sa vitesse en mètres par seconde et s sa section. La lettre f est un facteur qui, pour les projectiles de forme ogivale, a été évalué empiriquement à 0.005. Le côté AC représente l'énergie agissant sur le corps touché; elle dépend uniquement de la section de la balle et de sa vitesse. Chaque fois qu'il s'agit d'un gibier d'une épaisseur de corps telle que la pénétration de la balle ne suffit pas pour le percer, toute l'énergie du projectile est absorbée par le corps, tandis que, si la pénétration est supérieure à l'épaisseur du corps, une partie de l'énergie est perdue (Voir fig. 2 et 2a). C'est ce qui explique l'effet souvent tout à fait insuffisant d'armes très fortes.

Voyons, par quelques exemples l'influence des différents facteurs d'un projectile sur ses effets mécaniques:



Les fig. 2 et 2a nous représentent les effets mécaniques de deux balles de même énergie et de même forme, mais dont la balle I a une section double. Cet exemple nous montre clairement la supériorité des gros calibres, surtout pour le petit gibier. Il nous explique aussi les bons effets obtenus par les vieux chasseurs qui se servaient de gros calibres à faible pénétration (balles de plomb, poudre noire).

Les fig. 3 et 3a représentent les effets de deux balles ayant même vitesse, même forme et même calibre, seulement la balle II (3a) a un poids double. Donc: au gros gibier des balles lourdes et longues, au faible gibier des balles courtes et grosses.

Deux balles de même forme, de même calibre et de même poids, mais dont l'une (a) a une vitesse double, donnent des effets mécaniques représentés par les fig. 4 et 4a. Chez le gros gibier, une vitesse double produit un effet quadruple, chez le petit gibier l'augmentation de la vitesse est en général moins avantageuse.

Résumons. a) Pénétration: Une réduction de la section du projectile à la moitié, un poids double et une vitesse double produisent le même effet; la pénétration est doublée.

b) Les effets mécaniques: 1° Pour le gros gibier dont l'épaisseur de corps est égale ou plus grande que AB, $\epsilon \geq P$, AB représente la pénétration. Une réduction de la section du projectile ne produit pas de différence appréciable, mais l'effet mécanique est doublé avec un poids double de la balle; une vitesse double produit des effets quatre fois plus grands.

2° Pour le petit gibier $\epsilon < AB$. Une réduction du calibre comporte une réduction correspondante de l'effet; l'augmentation du poids n'a pas d'influence appréciable, et une vitesse double ne produit ordinairement que des effets doubles.

Choisissons, comme exemple pratique, un projectile I d'une arme moderne à petit calibre (calibre 6,5 mm, vitesse 900 m, poids 8 g) et un projectile II correspondant à une bonne arme ancienne à gros calibre (calibre 12,5 mm, vitesse 450 m, poids 24 g).

L'énergie initiale des deux projectiles, calculée par la formule

$$\epsilon = \frac{m.v^2}{2},$$

est de 324 resp. 243 kgm.

Les sections des deux balles sont entre elles comme 1 est à 4, les poids comme 1 est à 3, les vitesses comme 2 est à 1. Les profondeurs de pénétration seront donc entre elles comme 8 est à 3 (comme 1 est à $\frac{1}{4} \cdot 3 \cdot \frac{1}{2}$).

Les effets mécaniques sur le gros gibier seront comme 4 est à 3 (comme 1 est à $1.3 \cdot \frac{1}{4}$); sur le petit gibier comme 1 est à 2 (comme 1 est à $4.1 \cdot \frac{1}{2}$). Cela veut dire que, sur du gibier moyen ou petit, la balle II à gros calibre, malgré son énergie plus faible, produit des effets mécaniques deux fois plus forts que la balle de 6,5 mm. Pour que celle-ci produise sur le petit gibier le même effet que la balle II, il faudrait doubler encore sa vitesse qui atteindrait alors 1800 m (Voir fig. 5, 5a).

Prenons dans la fig. 1 un point D, correspondant à une profondeur de pénétration égale à AD; la vitesse du projectile en ce point sera directement proportionnelle à la distance de D du point mort B. Donc, si $P = AB$ (pénétration totale), $p = AD$ (pénétration jusqu'en D), $V_D =$ vitesse en D, $V_I =$ vitesse initiale, nous avons

$$V_D = \frac{P - p}{P} V_I.$$

L'énergie encore disponible en D sera proportionnelle au carré de DB:

$$E_D = E_I \left(\frac{P - p}{P} \right)^2.$$

Cette énergie est perdue, si le corps du gibier n'a que l'épaisseur A D. L'énergie absorbée par le corps de l'animal est donc donnée par la formule

$$E_{abs} = E_I - E_I \left(\frac{P - \epsilon}{P} \right)^2 \text{ kgm.}$$

(ϵ est l'épaisseur du corps = p).

A la chasse, et bien plus encore en cas de défense contre un agresseur, il est de toute importance que l'arme ait la capacité d'arrêter ou de terrasser l'adversaire au premier coup. Qu'il s'agisse p. ex. d'un cambrioleur armé qui s'introduit la nuit dans une maison! A quoi le plus beau revolver ou Browning vous servent-ils si, quoique touché par votre balle, l'agresseur trouve encore le temps de vous lancer plusieurs balles lui-même, avant de tomber. Cette capacité de mettre l'adversaire hors de combat au premier coup, est une nouvelle qualité des armes à feu, qualité qu'on désigne généralement par le nom anglais de „Stopping power“, ce qui veut dire le pouvoir de paralyser complètement l'adversaire, „die Aufhaltskraft“, comme on dirait en allemand. Le stopping power d'une arme est étroitement lié à ses effets mécaniques. Dans les triangles des figures 1 à 5, le stopping power est en général d'autant plus grand que, pour une surface donnée (une énergie donnée), l'angle en C est plus aigu. D'après la formule

$$SP = \frac{2 \cdot E_i}{P}$$

qui se déduit facilement, le stopping power SP est proportionnel à l'énergie initiale et inversement proportionnel à la pénétration. A l'aide de la formule de celle-ci, formule qui a été donnée plus haut, celle de SP se transforme en

$$SP = \frac{V_i \cdot S}{5.9,81}$$

De là découle comme conséquence importante que le stopping power d'une balle est indépendant de son poids et qu'il est directement proportionnel au carré de son calibre et à sa vitesse.

Voilà donc ce qui doit nous guider dans le choix d'une arme de défense, d'une arme de poche: il lui faut une grande vitesse, donc une forte charge et, avant tout, un gros calibre! Les revolvers ordinaires, les petits revolvers de poche de 7 à 8 mm sont insuffisants, surtout à cause de la faible vitesse qu'ils donnent au projectile. Pour le petit Browning de poche, la vitesse de la balle

serait suffisante, mais le calibre est trop petit, et le SP est souvent trop faible. Qu'on compare à ce petit Browning le revolver «Colt» des «M P» américains, d'un calibre de 11 mm! Malgré une vitesse qui est à peine supérieure, son projectile développe un SP énorme et qui est supérieur à bien des fusils d'infanterie! Mais ce «handcanon» est d'un volume et d'un poids tels qu'on ne pourrait guère le recommander comme arme de poche. Un bon revolver américain (Smith et Wesson ou Colt), d'un calibre de 9 mm (cal. .38), tirant des cartouches à poudre sans fumée, ou bien un pistolet automatique de 9 mm, voilà ce qui, de nos jours, conviendrait le mieux à la défense personnelle. Il y a le petit pistolet Bayard par exemple, qui est fabriqué à Liège et qui, n'étant pas plus grand que le petit Browning 6,35, tire une cartouche de 9 mm avec un SP deux fois plus grand que celui du 6,35. Le dernier modèle de la maison FN (1914) est très recommandable également (Cal. 9 mm, dimensions un peu plus grandes que le petit Browning).

Tout ce qui vient d'être dit quant aux effets mécaniques et au stopping power des projectiles ne s'applique, en général, qu'au cas où la balle ne traverse que des parties molles, des tissus et des muscles. Dès que les gros os sont touchés, la pénétration diminue et l'énergie absorbée augmente; le rendement des armes à grande vitesse, mais à petit calibre, celui des petits pistolets automatiques donc, devient meilleur alors. Nous avons dit plus haut que le poids de la balle n'a pas d'influence sur le stopping power; ce cas ne s'applique qu'au tir à une courte distance pourtant. Nous avons vu, dans le chapitre II que, plus une balle est lourde, plus elle est longue à garder sa vitesse et son énergie, par conséquent son SP également. Mais, pour les revolvers et les pistolets, un grand stopping power à de grandes distances n'a pas de raison d'être, ces armes ne servant qu'à tirer à de courtes distances. Il serait nuisible même, parce que les balles perdues constitueraient un danger sérieux. C'est pourquoi on a créé, pour les agents de police, les munitions à balle d'aluminium, en Belgique p. ex. (Streikmunition). Ces balles, très légères, ont une vitesse énorme, donc un grand stopping power, mais à quelques mètres seulement. Car la balle légère perd rapidement sa vitesse et, à une distance qui est supérieure à 50 ou à 80 mètres, elle devient presque inoffensive.

Pour donner à mes lecteurs une idée des effets produits par les armes de défense et les carabines de chasse les plus connues, j'en ai calculé les chiffres d'après les formules indiquées. Ces chiffres, réunis dans le petit tableau qui suit, donnent 1° le poids de la balle, 2° sa vitesse, 3° son énergie à 25 mètres, 4° sa pénétration dans les muscles et les tissus, 5° l'énergie

cédée au corps humain habillé ($\epsilon = 25$ cm) ou au chevreuil, 6° le stopping power. Quant à ce dernier, j'ai choisi, comme unité, celui d'un projectile qui, sur le corps humain habillé, transmet, au moment de le toucher, 1 kilogramme-mètre par centimètre de pénétration. Tous ces chiffres sont calculés pour une distance de 25 mètres. Il sera facile de calculer les effets, l'énergie cédée sur du gros gibier, en introduisant dans la formule

$$E_{abs} = E_i - E_i \left(\frac{P - \epsilon}{P} \right)^2,$$

pour ϵ l'épaisseur du gibier. A des distances supérieures, la pénétration, les effets mécaniques et le stopping power dépendront de l'énergie totale restante du projectile, donc indirectement de son poids ou, comme nous l'avons appris dans le chapitre II, de sa densité par mm² de section. Il s'en suit que, pour se faire une idée des capacités d'une arme donnée, il faut considérer à la fois son énergie, son stopping power, le poids de la balle, la pénétration et les effets mécaniques, et il faut voir comment tous ces chiffres s'appliquent à l'usage que l'on veut faire de l'arme.

Arme et calibre	Poids de la balle en g	Vitesse V 25	Énergie E _i (25)	Pénétration cm	Énergie absorbée kgm	Stopping power S.P.
Carabine Flobert 6 mm (bosquette)	1,16	200	2,3	4,10	2,3	1,12
ditto, cartouche .22 short.	2,05	240	6,0	10,0	6,0	1,18
ditto „ .22 long rifle.	2,73	270	10,0	15,0	10,0	1,33
Pistolet Browning de poche 6,35.	3,28	230	8,8	11,2	8,8	1,50
„ „ de police 7,65.	4,80	280	19,0	14,5	19,0	2,62
„ „ 9 mm. . . .	6,15	260	21,2	12,6	21,2	3,37
„ „ 11,25 mm Colt américain.	15,0	246	50,3	18,7	50,3	4,90
Pistolet Parabellum 7,65 mm. .	6,0	350	37,5	23,0	37,5	3,20
Carabine Winchester autom. .22.	2,91	337	16,8	20,0	16,8	1,50
Carabine Winchester autom. .351.	8,8	570	190	40	164	7,6
Carabine Winchester autom. .401.	16,2	652	281	50	210	11,2
Carabine Browning autom. 9 mm.	12,90	663	289	72	177	8,50
Carabine Mauser 6,5 mm. . .	10,0	700	250	105	106	4,70
Carabine Mauser 8 mm. . .	10,0	840	360	83	186	8,67
Carabine Lee Str. p. 6 mm. .	7,26	777	226	100	99	4,50

Ces chiffres nous montrent qu'à de courtes distances, le stopping power d'une arme ne correspond pas toujours à sa puissance. Ainsi, la balle du pistolet Colt des M. P. américains par exemple, qui a seulement 50 kgm d'énergie initiale, réalise un stopping power bien supérieur à celui du fusil militaire 6,5 mm des armées

italienne, suédoise, portugaise, japonaise etc., qui a une énergie 5 fois plus grande.

Il ne faut pas oublier que tous ces calculs ne s'appliquent qu'aux «mauvais coups» ne touchant pas des organes de grande vitalité. Il va sans dire qu'une arme très faible, une carabine Flobert p. ex., peut causer la mort subite, si la balle va directement au cœur. La chance qu'un organe vital soit touché croît avec la capacité de pénétration du projectile.

Au chapitre II nous avons parlé des avantages des petits calibres: vitesse, trajectoire tendue, grande portée etc. Mais nous venons de voir que le petit calibre a aussi ses désavantages dont le principal est son faible stopping power. On en a fait rapidement l'expérience, à la chasse aussi bien qu'au combat, surtout avec des peuples non civilisés.

C'est pour éliminer ce défaut des petits calibres qu'on a créé les balles à tête molle (à ogive dénudée), balles qui s'aplatissent au choc ce qui donne l'effet d'un gros calibre. Ce sont les fameuses balles dum-dum, employées depuis longtemps à la chasse et au sujet desquelles on a fait tant de bruit au commencement de la guerre. Ces balles se fabriquent en un grand nombre de variétés: à ogive dénudée, à vide intérieur, à enveloppe fendue, à pointe tronquée, balles «S» renversées etc. Toutes ces balles se Champignonnent fortement lorsqu'elles frappent les tissus mous du corps humain ou de l'animal à des vitesses supérieures à 400 mètres par seconde. Au delà de 600 m de distance, leurs effets ne sont que ceux des balles ordinaires. Pour les balles à chemise courtes, de la forme de la balle «S» allemande, l'enveloppe se déchire souvent et éclate sous l'influence de la force centrifuge due à la rotation de la balle. L'éclatement va parfois jusqu'à la pulvérisation du projectile.

Qui de nous se rappellerait pas le bruit et l'indignation avec laquelle les Allemands, y compris leur «Kronprinz» et leur «Kaiser», proclamaient urbi et orbi que les Français se servaient de balles transformées en balles dum-dum. Le fait est qu'on avait trouvé, dans les forteresses, des caisses de munition, mais c'était de la munition de stand, spécialement et exclusivement préparée pour les stands de tir. On publiait dans les journaux des photographies montrant les paquets de cette munition de stand, en ayant soin de rendre le mot de «stand» illisible. On prétendait également que les soldats français transformaient leurs balles «D» en balles dum-dum en leur coupant la pointe! Une balle massive en bronze telle que la balle «D» ne peut d'aucune manière être transformée en balle dum-dum. Des nombreux documents très intéressants que j'ai collectionnés à ce sujet, je ne citerai qu'un seul,

mais qui va nous donner une idée juste de la science qui a été exhibée lors de cette propagande.

En octobre 1914, un certain Dr. Kreitmair publiait, dans la «Semaine médicale de Munich» (Münchner medizinische Wochenschrift) un travail intitulé «Blessure produite par une balle dum-dum» (Dum-Dumgeschossverletzung). Il s'agissait donc d'une balle «D» massive en bronze, balle française. Cette balle porte, au milieu, une entaille circulaire jusqu'à laquelle elle s'enfonce dans la douille de la cartouche. Après avoir passé le canon du fusil Lebel, elle porte en plus quatre rayures longitudinales dues aux rainures du canon de l'arme. Voilà des choses que tous mes lecteurs connaissent, mais que le Doktor Kreitmair qui certainement a fait son service militaire, doit ignorer. — Voyons donc ce qu'il a constaté:

Un sous-officier bavarois est atteint par une balle «D» qui le blessait à la jambe, un peu au-dessus du pied. La distance de tir était de 30 mètres. La balle n'a pas pu percer la jambe, mais, après avoir cassé le péroné, elle est restée collée contre le tibia! La pointe de la balle était aplatie; en plus, le soldat français avait pratiqué dans la balle une entaille circulaire et quatre entailles longitudinales! Et le sieur Doktor Kreitmair rend tout spécialement attentif au fait que ces quatre entailles forment, avec l'entaille circulaire, quatre croix sur la surface du projectile! Puis il parle des «effets explosifs spécifiques» de cette balle qui, à son avis, ne peuvent être dus qu'à ces entailles mystérieuses. Il a constaté encore que la balle était courbée sur toute sa longueur et qu'elle était couverte d'une couche de vert-de-gris d'une odeur très forte! — Cette odeur, comme tout le reste d'ailleurs, était trop forte pour moi également, et j'envoyai à la «Münchner medizinische Wochenschrift» ainsi qu'au journal de tir «Schuss und Waffe» une photographie de cet article avec une lettre disant que, malgré mon expérience assez grande en matière de tir, j'avais trouvé dans cet intéressant travail bien des détails que j'avais ignorés jusqu'à là, notamment les détails suivants:

1) Qu'une balle «D» massive pouvait être transformée en balle dum-dum et que, pour y arriver, on n'avait qu'à aplatir la pointe et à dessiner quatre croix sur la balle;

2) Qu'une telle balle était même douée d'un «pouvoir explosif spécifique»;

3) Qu'une balle «D» douée d'une énergie de 320 kgm et qui, à 30 mètres, perce 90 cm de bois, 14 mm de fer et 8 mm du meilleur acier, ne serait pas capable de percer la jambe d'un sous-officier bavarois à la hauteur du pied;

4) Que, sur le péroné ou le tibia de ce Bavarois, la balle «D» se serait aplatie et courbée fortement sur toute sa longueur;

5) Que les quatre croix dessinées sur la surface de la balle par les mystérieuses rainures étaient extrêmement suspectes;

6) Qu'il était prouvé par là, et avec certitude, qu'il s'agissait d'une balle dum-dum. Et moi qui aurais juré qu'il ne s'agissait que d'une balle ayant ricoché sur un objet dur!

7) Que le vert-de-gris avait une forte odeur. Jusqu'à ce jour, en effet, le vert-de-gris, comme tous les composés du cuivre, avait été considéré comme inodore.

Ces lettres ont été retenues par la censure. Un peu plus tard, j'écrivis aux deux journaux la même chose, mais sur un ton un peu moins ironique; au bout de plusieurs mois seulement on annonça que cette blessure, comme tant d'autres analogues décrites dans les journaux, ne provenaient pas de balles dum-dum. — Cet exemple suffira! Pour finir et pour convaincre mes lecteurs du mal à propos des plaintes allemandes, constatons encore ceci:

1) Parmi toutes les balles employées dans cette guerre par les différentes armées, la balle française a été la seule qui ne pouvait, en aucune manière, être transformée en balle dum-dum.

2) Les balles en plomb à chemise de maillechort sont, eo ipso, des balles dum-dum, dans bien des cas du moins. Or, la balle qui, telle quelle, réalise au plus haut degré les propriétés d'une balle dum-dum, est sans contredit la balle «S» allemande, avec sa forme courte, son centre de gravité placé en arrière, l'enveloppe entaillée à la base et sa grande tendance de basculer. Une balle «S» renversée constitue la balle dum-dum la plus parfaite du monde. Or, au dire des statistiques publiées par les Allemands eux-mêmes, 80 % des balles «S» se renverseraient au tir couché, c'est-à-dire au tir de combat! Et si les Allemands pouvaient vanter l'habileté de leurs chirurgiens, disant qu'ils renvoyaient au service un pourcentage plus élevé de blessés que les Français, c'était certainement dû, avant tout, au fait que la balle française était la balle la plus humaine, la plus bénigne, tandis que les Allemands, volontairement ou involontairement, tiraient presque exclusivement à balles dum-dum.

V. La Trajectoire.

La trajectoire d'un projectile est la ligne suivie par son centre de gravité à partir de l'embouchure du canon jusqu'au but. S'il n'y avait que la force de propulsion de la poudre qui agissait sur le projectile, cette trajectoire serait une ligne droite formant le prolongement de l'axe du canon et allant jusqu'à l'infini. Mais il y a deux autres facteurs qui ont une influence capitale sur la forme de la trajectoire: la pesanteur et la résistance de l'air. Sous l'influence de la pesanteur, la balle commence à tomber par terre dès qu'elle quitte le canon du fusil. Comme tout corps abandonné à lui-même, elle tombe de 4,90 mètres dans la première seconde, de 19,62 m en deux secondes et, en 10 secondes, temps que mettent les balles militaires pour atteindre 2500 m, elle tombe de 490 mètres! Il est bien vrai que, grâce à sa vitesse de translation, la balle a fait pendant ces secondes quelques centaines ou milliers de mètres en direction horizontale. Toujours est-il qu'un tireur debout tirant dans une direction exactement horizontale, ne pourrait atteindre, avec les meilleures armes de nos jours, qu'une portée maxima de 500 à 600 mètres. Car le projectile le plus rapide met une demi-seconde pour aller à cette distance et, pendant cette demi-seconde, la balle est tombée déjà de 1,60 m. Pour atteindre une portée plus grande, il faut lever l'axe de tir (l'axe du canon) vers le haut, il faut tirer plus haut. La balle s'élèvera alors dans la première partie de sa course, atteindra une hauteur maxima au-dessus de l'horizontale (flèche) et descendra vers la fin de sa course. La trajectoire sera une courbe qui, dans le vide, serait une parabole dont l'angle au début (l'angle de tir) serait égal à l'angle au but (l'angle de chute). Même avec les armes les plus fortes et aux distances les plus faibles on tire toujours en arc, par conséquent, et jamais en ligne droite. La ligne de visée, c'est-à-dire la droite allant de l'œil par-dessus la hausse et le guidon jusqu'au but, sera coupée deux fois par la trajectoire, une fois devant l'embouchure du canon et la deuxième fois, si la visière est bien réglée sur la distance de tir, juste au point d'impact. Plus la vitesse du projectile est grande et plus la distance de tir est faible, plus la trajectoire sera tendue, se rapprochera de la droite, et inversement. Citons comme exemples les flèches de quelques armes connues. (On entend par flèche la plus grande hauteur qui est atteinte par le projectile au-dessus de la ligne de visée.) La cartouche .22 long rifle donne au tir à 100 m une flèche de 12 cm; à 200 m, elle est de 56 cm. Au tir à cent mètres, la balle D a une flèche de 3 cm,

à 200 m elle est de 11 cm, à 1000 m de 5,49 m. Au tir à 2000 m, la balle D s'élève de 43 m, la balle S de 70 m et la nouvelle balle suisse de 37 m au-dessus de la ligne de visée.

La ou les parties de la trajectoire, dans lesquelles la balle ne s'élève pas plus haut que de 1,75 m, constituent la zone dangereuse de la trajectoire, pour un homme debout. Aux courtes distances où la trajectoire est tellement tendue que sa flèche ne dépasse pas la hauteur d'un homme, le danger existe sur tout le parcours de la balle: il n'y aura qu'une seule zone dangereuse. Mais au tir à de longues distances, il y a deux zones dangereuses, l'une au départ de la balle, l'autre à la fin de la trajectoire. La première est plus longue, parce que la courbe balistique formant la trajectoire est plus tendue au commencement qu'à la fin. La valeur des zones dangereuses est d'une importance capitale pour les armes de guerre. Les zones dangereuses sont d'autant plus grandes que la vitesse du projectile est plus grande, c'est-à-dire que la trajectoire est plus tendue. En outre, plus la trajectoire est tendue, moins une faible erreur dans l'appréciation de la distance tire à conséquence. L'idéal du chasseur serait une arme permettant de tirer à toutes les distances du tir de chasse sans avoir besoin de changer la hausse. On se rapproche d'autant plus de cet idéal que la vitesse de la balle est plus grande. On comprendra donc aisément pourquoi, pour les armes de guerre et de chasse, on a toujours cherché à obtenir avant tout une trajectoire très tendue par l'emploi d'un projectile pointu de petit calibre et de grande vitesse.

Pour des causes dues à l'action de la résistance de l'air et à la rotation du projectile, causes qu'il serait trop long à expliquer ici, la trajectoire n'est pas une courbe plane, en réalité, mais une spirale en tire-bouchon, très étroite et très tendue au départ et s'élargissant vers la fin de la trajectoire. Ainsi la balle S a fini son premier tour de spire à une distance de 1100 m environ, et à cette distance son diamètre est environ un mètre. Le second tour est fini à 1800 m avec un diamètre de 9 mètres.

En plus, suivant qu'elles tournent de gauche à droite ou de droite à gauche, les rayures du canon de fusil font dévier la balle vers la gauche ou vers la droite. Cette déviation, faible à de petites distances, atteint au delà de 10 m à 2000 m de distance. Il y a en outre les vibrations du canon qui font dévier la balle. Ces vibrations sont un facteur caractéristique pour chaque arme individuelle. Tout dispositif, toute manipulation qui est de nature à modifier les vibrations du canon, aura une influence sur les résultats du tir. Ainsi: la qualité du bois de la monture du canon, son insensibilité aux différences de température et d'humidité, tout cela est d'une grande importance pour les armes de guerre. Si,

sous l'influence de la température et de l'humidité, le bois travaille, il exerce des tensions ou des pressions sur le canon, ce qui produit un changement dans ses vibrations et dans les résultats du tir. Tous les soldats savent qu'en tirant avec la baïonnette au canon, la balle dévie du côté opposé à la baïonnette.

Il y a enfin les conditions atmosphériques qui viennent modifier la trajectoire. Ainsi : pour la balle S, une différence d'un degré de la température de la poudre vers le haut (+1°) ou vers le bas (-1°), fait dévier la balle de 3,7 cm à 1000 m et de 40 m à 2000 m. Si la température de l'air s'élève de 1° C, la balle va trop haut de 2 cm à 1000 m et de 20 cm à 2000 m. En juillet (température moyenne 20° C) on tire trop haut de 7 cm à 500 m, de 82 cm à 1000 m et de 14 mètres à 2000 m. En janvier (température moyenne -5°) la balle va trop bas de 1.20 m à 1000 m de distance et de 18 m à 2000 m. Une augmentation du poids de l'air (1.225 kg le mètre cube à 10° C, 748 mm de pression et 50 % d'humidité) de 0,01 kg fait descendre la balle de 13 cm à 1000 m et de 2,42 m à 2000 m. A une hauteur de 1000 m au-dessus du niveau de la mer, le point d'impact de la balle sera trop haut de 1,71 m à 1000 m et de 32 m à 2000. Le vent qui souffle dans la direction du tir rend la trajectoire plus tendue et relève le point d'impact de 5 cm au tir à 1000 m et de 16 cm à 2000 m pour une vitesse du vent de 1 m par seconde. Le vent soufflant dans la direction opposée fait descendre la balle d'une valeur égale. Un vent de 1 m par seconde soufflant dans une direction perpendiculaire à celle du tir fait dévier le projectile de 1,04 m à 1000 m et de 5,63 m à 2000 m.

Cela suffira pour expliquer pourquoi la balle ne va pas toujours là où on veut l'avoir. Encore avons-nous omis le facteur principal : le tireur et ses aptitudes. Mais, même en lui reconnaissant l'impossible, c'est-à-dire la perfection absolue, il ne réussira jamais, à quelques centaines de mètres déjà, à faire passer toutes ses balles « par le même trou ». Même en fixant l'arme dans un étau, ou en encastrant le canon complètement dans un grand bloc de béton, les balles provenant de différents coups consécutifs se trouveront dispersées sur la cible sur une surface plus ou moins grande. Ainsi, pour les armes militaires, la dispersion naturelle des balles couvre une surface de la grandeur d'une tête à 250 m. A 400 m, elles se trouvent réparties sur une surface représentée par la tête et la poitrine. A 600 m la dispersion en hauteur est de plus d'un mètre. Plus une arme est précise, plus le groupement de plusieurs points d'impact est serré. Dans les romans d'aventure on lit souvent des exploits de tireurs extraordinaires et tout à fait impossibles : on fait passer plusieurs balles consécutives par le même trou par exemple, on enfonce des clous, et tout cela à des

distances incroyables ! Cela n'est possible qu'avec une arme extrêmement précise et encore à quelques mètres seulement. A 100, même à 50 m de tels résultats ne sont pas réalisables.

Dans le vide la trajectoire du projectile serait, comme nous venons de dire, une parabole, et la portée maxima d'une arme militaire serait d'environ 40 km avec un angle de tir de 45°. La résistance de l'air réduit la portée à un dixième à peu près. Cette résistance de l'air est un véritable frein qui agit avec d'autant plus de force que la vitesse de la balle est plus grande et qui, à de fortes vitesses, peut prendre des valeurs incroyables. Pour nous en donner une idée, supposons un moment que le projectile, au lieu de se mouvoir dans l'air avec une vitesse de 900 m à la seconde, soit en repos et soumis à l'action d'un vent ayant cette vitesse. Or, pour les ouragans les plus violents, on n'a jamais constaté des vitesses supérieures à 50 m par seconde. Et on peut juger à leurs effets la terrible poussée que ces ouragans sont capables de réaliser. La balle allemande S dispose, au sortir du canon, d'une énergie vive de 400 kgm. Après avoir parcouru 400 mètres, tout en maintenant à peu près cette vitesse, cette énergie n'est plus que de 165 kgm. Le passage à travers une couche d'air de 400 m d'épaisseur a donc absorbé 235 kgm d'énergie ! Or, avec les 165 kgm d'énergie restante le projectile traverse encore 80 cm de bois. Pour franchir à grande vitesse 400 mètres d'air, il faut donc à la balle plus d'énergie que pour percer 1 mètre de bois ! Cet exemple nous démontre en même temps qu'à des vitesses moindres la résistance de l'air diminue rapidement. Car, après avoir parcouru 400 m d'air à grande vitesse, au coût de 235 kgm, la balle est encore capable de traverser 4000 mètres d'air environ, avec les 165 kgm qui lui restent !

Il résulte de tout ceci que, pour les armes à main tirant un projectile de faible masse, une forte augmentation de la vitesse initiale au-dessus des limites aujourd'hui en usage n'est que d'un intérêt très médiocre ; la résistance de l'air devenant énorme aux très grandes vitesses, elle rendrait les gains de plus en plus illusoire. Ainsi, à une vitesse de 800 m, vitesse de la plupart des balles d'infanterie, la pression de l'air est de 6,23 kg par centimètre carré, ce qui correspond à une puissance en chevaux-vapeur de 65. A 1200 m de vitesse, la pression est montée à 15 kg par cm², et la puissance à vaincre par le projectile est de 240 chevaux-vapeur, c'est-à-dire que, pour repousser une force de 15 kg à une vitesse de 1200 m, il faut une puissance de 240 chevaux. C'est d'ailleurs le même phénomène qui a été observé depuis longtemps pour tous les moyens de locomotion rapides. La consommation en houille des navires à grande vitesse devient de plus en plus énorme. Un train marchant à 100 km à

l'heure éprouve une résistance de l'air égale à celle que la machine doit vaincre pour la propulsion même, c'est-à-dire que, sur deux tonnes de charbons brûlés par la locomotive, une tonne entière est uniquement employée à vaincre la résistance de l'air, à repousser l'atmosphère. C'est sous le rapport de la forme et de la matière des balles d'infanterie qu'il y a lieu de chercher des progrès, ce qui est bien prouvé par la nouvelle balle suisse qui, avec une vitesse initiale de 800 m dépasse de beaucoup la balle S allemande dont la vitesse initiale est de 900 m, et toutes les autres balles militaires quant à la trajectoire tendue, la portée, l'étendue des zones dangereuses et son peu de sensibilité aux influences atmosphériques.

Il en est autrement des pièces d'artillerie qui sont susceptibles encore de grands progrès. Ce qui distingue les canons des fusils, c'est avant tout leur canon relativement court, trop court pour permettre un bon rendement de la poudre; ils représentent une espèce de grands pistolets plutôt. Pour améliorer le rendement de la poudre et pour augmenter la portée, il faudrait avant tout augmenter la longueur du canon. Toutes les pièces à longue portée d'ailleurs (pièces des navires de guerre et des côtes), sont à long canon. Tel a été le cas aussi pour les fameux canons «de trente lieues» qui, en 1918, venaient bombarder la ville de Paris à une distance de 128 km; ils avaient une longueur de 20 m et peuvent être qualifiés de grands fusils plutôt. Dans ces longs canons, le projectile est soumis à la pression des gaz d'explosion pendant un trajet relativement très long. Mais le facteur principal qui a permis la réalisation d'une portée si extraordinaire, c'est certainement l'emploi d'une poudre spéciale, et le progrès qui a été réalisé par ces fameux canons sera dû à la chimie avant tout. Ce qu'il fallait, c'était une poudre «progressive». La poudre noire, quand elle fait explosion, développe instantanément sa pression maxima. La balle s'étant mise en mouvement à l'intérieur du canon, le volume des gaz augmente; en même temps les gaz se refroidissent sur les parois du canon, et la pression diminue rapidement. La balle reçoit donc un choc formidable au début même de son trajet, alors qu'elle se trouve dans le canon encore. La poudre pyroxylée est déjà beaucoup plus progressive, sa pression maxima se développant plus lentement et diminuant moins rapidement. La poudre progressive idéale serait une poudre qui, en brûlant de plus en plus vite, maintiendrait une pression aussi élevée que le permet le matériel du canon pendant tout le trajet du projectile dans l'arme. Comme, pour les lourdes pièces d'artillerie, les poudres représentent des fragments de dimensions assez considérables, on pourrait s'arranger de manière à choisir pour les différentes

couches des poudres de plus en plus brisantes, en allant de l'extérieur vers l'intérieur. En combinant ces deux facteurs, poudre progressive et long canon, on est arrivé réellement à atteindre une vitesse initiale du projectile de 1500 m par seconde. Le travail fourni par la charge de poudre dans ces canons était de 20 000 000 de HP. La durée du trajet de l'obus dans le canon était de $\frac{1}{50}$ de seconde à peu près. Pour réduire autant que possible la résistance de l'air, il fallait donner à l'obus une forme pointue en avant et légèrement rajeunie en arrière. Mais la condition principale à remplir était de traverser le plus vite possible les couches denses de l'atmosphère et de faire passer le projectile à une hauteur d'environ 20 km où l'air est tellement raréfié que, pratiquement parlant, l'obus se meut dans le vide. Là sa trajectoire prend la forme d'une parabole, et comme la portée maxima, dans le vide, est atteinte avec un angle de projection de 45°, il faut que le projectile aborde ces régions du vide sous cet angle à peu près. Pour cela il a fallu tirer sous un angle de 50 à 53°. Selon les dernières publications des experts allemands, le point culminant de la trajectoire des obus sus-mentionnés se trouvait au nord de Nanteuil, à 40 km de hauteur. La durée de la trajectoire était d'à peu près 3 minutes. La diminution du poids du projectile à ces hauteurs considérables ne joue qu'un rôle minime pourtant. La pesanteur diminuant de 0,3 millièmes de sa valeur par mètre d'élévation, l'obus de 100 kg pesait encore 89,8 kg à 40 km de hauteur. Mais, pour ces grandes trajectoires, il y a une série d'autres facteurs qui entrent sérieusement en ligne de compte. C'est d'abord la courbure de la terre qui fait que le but se trouve à 1500 m plus bas que l'horizontale du lieu de tir ce qui augmente la portée de quelques centaines de mètres. Il y a ensuite la rotation de la terre qui se fait sentir par deux facteurs distincts: 1° l'effet des alizés, 2° l'effet des hauteurs. Le premier est dû au fait que la vitesse de rotation de la terre, mouvement qui est dirigé de l'ouest vers l'est, augmente de 0 mètres représentant sa vitesse au pôle à 465 m par seconde à l'équateur. A Luxembourg, cette vitesse est de 290 m par seconde. Supposons que nous disposions d'un de ces gigantesques canons, et tirons d'abord un coup vers le nord, le long de notre méridien! En sortant du canon, le projectile, en dehors d'un mouvement tendant vers le nord, sera doué, comme tous les objets qui se trouvent à Luxembourg, d'un mouvement tendant vers l'est avec une vitesse de 290 m par seconde. Cette vitesse de mouvement vers l'est restera invariable sur toute la trajectoire. Mais le projectile doit traverser des régions où la vitesse du mouvement vers l'est devient de plus en plus faible; il s'éloigne donc de plus en plus du méridien et finit par dévier vers l'est, c'est-à-dire vers la droite de l'observateur. Si maintenant nous tirons un coup

dans la direction sud où la vitesse du mouvement vers l'est est de plus en plus grande, c'est le méridien qui dépasse l'obus qui, lui, dévient vers l'ouest, ce qui représente de nouveau la droite de l'observateur.

Pour étudier l'effet des hauteurs, disposons notre canon de sorte qu'il tire dans une direction absolument verticale. Ces essais ont été faits au XVII^e siècle déjà. Camille Flammarion en parle dans son *Astronomie populaire*, et il attribue à une erreur de pointage le fait que la balle retombait à terre à quelques centaines de mètres. Or, les résultats obtenus et le pointage paraissent avoir été plus exacts que le raisonnement de l'astronome qui prétend que, si le canon avait été absolument vertical, le boulet aurait dû retomber dans le canon. Imaginons une longue perche plantée verticalement tout près du canon et ayant la hauteur qui a été atteinte par le projectile. Le projectile tout comme le pied de la perche auront une vitesse de 290 m par seconde dans le sens de la direction est. Mais il est évident que le bout supérieur de la perche devra avoir une vitesse plus grande, vu que le chemin qu'il doit parcourir est plus grand. Le projectile, en montant, s'éloignera donc constamment de la perche ou, pour mieux dire, la perche s'éloignera de l'obus dans le sens de la direction est. Et comme la perche représente la verticale de l'emplacement du canon, il est évident que le projectile tombera à une certaine distance et du côté ouest du canon. Un corps qu'on laisserait tomber librement d'une grande hauteur aurait, en arrivant à terre, une déviation vers l'est et vers le sud. La déviation vers l'est s'expliquera facilement d'après ce qui vient d'être dit. L'explication de l'autre fait est déjà plus compliquée. Il faudra considérer un cône dont le sommet est le centre de la terre et la base le parallèle du lieu L. La direction est-ouest est donnée par la tangente au point L à ce parallèle. La trajectoire de la balle se placera dans le plan déterminé par la verticale du lieu L (CL) et la tangente en L. Or comme, dans ce plan, le projectile est dévié vers l'est pour les raisons que nous venons de citer, il se trouvera, en retombant, en dehors de la base du cône, en dehors du parallèle du lieu, c'est-à-dire qu'il se trouvera déplacé vers le sud.

Au tir à faible élévation, à trajectoire tendue, il n'y a que l'effet des alizés qui entre en jeu. Mais si l'on tire avec une forte élévation, les deux effets de la rotation de la terre se font ressentir ensemble. Si, à Luxembourg, on tire dans la direction nord, les deux effets agissent en sens contraire, mais l'effet des alizés prédomine, et la déviation aura lieu vers l'est. Dans la direction sud les deux effets s'ajoutent, et tous les deux font dévier la balle dans la direction ouest. Au tir vers l'ouest, il y a dérivation vers le nord et raccourcissement de la portée; au tir vers l'est enfin il y a

dérivation vers le sud et augmentation de la portée. Si l'on tire avec une forte élévation dans ces deux directions, les changements de la portée sont intervertis. Le grand canon bombardant Paris étant placé au 50^e parallèle et tirant dans une direction qui forme avec le méridien un angle de 50°, la déviation vers la droite était de 900 m et la diminution de la portée de 470 m environ. C'est très peu si l'on envisage ces grandes distances, vu que la déviation due à la rotation du projectile atteignait 4000 m. Tout ce qui vient d'être dit ne s'applique qu'à l'hémisphère septentrional; pour l'autre il faudrait changer les expressions droite et gauche.

Au tir vertical, les armes modernes à main lancent leur projectile jusqu'à 2600 m au plus. L'axe du projectile s'adapte à la tangente de la courbe balistique jusqu'au point où la balle retombe à terre à une distance de 500 m environ du point de départ. A partir de ce point elle garde sa position initiale et retombe le fond en avant, comme nous l'avons vu et expliqué dans le chapitre II.

Pour monter à 2600 m, la balle met 18,5 secondes; pour la chute, elle en met 56.... Au point culminant, la vitesse est zéro; pendant la chute elle augmente sous l'influence de la gravité jusqu'au point où l'accélération due à la gravité est égale à l'action de la résistance de l'air. A partir de ce moment le projectile a une vitesse constante, ou plutôt, sa vitesse diminue lentement à cause de l'augmentation de la densité de l'air dans ses couches inférieures. Ainsi, chaque corps tombant d'une grande hauteur ne peut dépasser une vitesse limite qui dépend de son poids et de sa section perpendiculaire à la direction de la chute ou, plus simplement, de sa densité par mm² de section. Elle est donnée par la formule

$$V_{\max} = V \frac{p}{0,014. S}$$

Sans tenir compte de la résistance de l'air, une balle S tomberait d'une hauteur de 2600 m avec une vitesse de 228 m, tandis qu'en réalité elle n'a que 40 m en revenant à terre. Si elle tombait la pointe en avant, c'est-à-dire si elle avait été tirée en l'air dans une position renversée, elle retomberait avec une vitesse de 83 m. Là encore on peut voir l'influence de la forme du projectile sur la résistance de l'air.

Pour les corps de forme arrondie tels que les petits plombs, on peut calculer la hauteur qu'ils réussissent à atteindre, d'après le temps qui s'écoule entre le coup de fusil et le retour des plombs, en se basant sur la formule

$$h = \frac{t^2 g}{8}$$

dans laquelle h est la hauteur en m, t le temps en secondes et g

la gravité (9,81). Les plombs légers vont à 120 m, les gros à 180 m environ. Ils sont absolument inoffensifs en retombant.¹⁾

Revenons une fois encore au canon dit de 30 lieues. Lancé dans la direction verticale, son projectile atteindrait 60 à 70 km et au delà peut-être. Avec ce résultat-là, la question qu'on a posée si souvent s'il était possible de lancer un projectile à une vitesse telle qu'il quitterait la terre pour ne plus y revenir, devient parfaitement discutable. Dans les calculs qui ont été publiés à ce sujet avant la guerre, on démontrait qu'il serait impossible de lancer un obus à une hauteur supérieure à 7 ou 10 km quelle que soit sa vitesse initiale. Or nous voilà déjà à 40 km de hauteur, au tir à distance. A une hauteur de 100 km, la pression de l'air n'est plus que de 0,003 mm de mercure. C'est donc un vide plus complet que nous ne puissions le réaliser par n'importe quel autre moyen. Supposons que notre obus soit chargé de l'explosif le plus fort qui existe et qu'il détone à une hauteur d'environ 100 km, dans le vide presque absolu donc; et puisque nous y sommes, supposons encore que les éclats de l'obus soient doués d'une vitesse de 8000 à 12000 m par seconde. Où iront-ils? Ceux qui seraient dirigés vers la terre, finiraient par y tomber; les éclats projetés dans une direction horizontale avec une vitesse de 8000 m n'y reviendraient plus, mais ils tourneraient autour de la terre, toujours à la même distance, jusqu'à la fin du monde; les éclats s'élevant au-dessus de l'horizontale enfin quitteraient la terre pour ne plus y revenir, si leur vitesse atteignait 12000 m.

Aujourd'hui toutes ces éventualités rentrent encore dans le domaine de la spéculation scientifique. Nos éclats d'obus n'ont qu'une vitesse de 1000, 1500, tout au plus de 2000 m par seconde. Pourtant il y a des détonants qui sont encore plus forts que l'acide picrique; avec eux, la vitesse des éclats serait certainement bien supérieure dans le vide qu'à proximité du sol... Mais notre vieille terre est de guerre lasse, et elle le sera pour longtemps, espérons-le! Mais si un jour, la Ligue des nations étant parfaite et les guerres fratricides étant devenues impossibles ici-bas, un des astres voisins en venait à nous chercher querelle, il est très probable qu'il nous trouverait prêts: c'est là un rêve d'avenir qui, dès aujourd'hui, aurait toutes les chances d'être réalisable.

¹⁾ Voir à ce sujet mon travail: Von Fliegerbomben und was drum und dran. — Année 1918 du Bulletin de la S. N. L.

VI. Accidents et explosifs.

En temps de paix déjà les journaux de tous les pays publiaient chaque année des cas très nombreux d'accidents causés par le maniement imprudent d'armes à feu, de munitions ou d'explosifs. Au cours des dernières années, cette triste série s'est augmentée considérablement par celle des accidents dus aux engins de guerre de toutes espèces. Je crois ne pouvoir mieux clôturer ces petites études de balistique populaire qu'en ajoutant une étude sommaire de ces accidents ainsi que des moyens destinés à les éviter. Le moyen souverain sera naturellement celui de connaître à fond ces engins dangereux et d'être complètement renseigné sur leurs propriétés.

La cause primaire de tous ces accidents est représentée par la détonation intempestive d'un explosif quelconque. Commençons donc par une étude succincte des différents explosifs qui seront considérés au point de vue de leurs propriétés et au point du vue du danger que comporte leur maniement.

La *poudre noire* (*Schwarzpulver*) qui représente l'explosif le plus anciennement connu, se compose d'un mélange intime de salpêtre, de soufre et de charbon, dans la proportion approximative de 6:1:1. Etant donnée une proportion fixe de salpêtre et de soufre, l'énergie explosive de la poudre noire croîtra avec sa teneur en charbon. Etant donnée par contre une proportion fixe de salpêtre et de charbon, cette énergie diminuera avec la quantité de soufre. — L'énergie explosive n'est pas la seule propriété intéressante pourtant; il y en a d'autres encore, l'inflammabilité p. ex. qui est une fonction directe de la teneur en soufre. Le soufre présente en outre la propriété d'activer la combustion en ce sens que son état de fusion rapproche les particules du mélange et en élève la température: il y a donc accélération de la réaction. Dans la poudre pour gros canons dite *poudre brune* on a réduit la quantité du soufre de 12 à 2 %. — Malgré le fait que la poudre noire est le plus faible des explosifs quant à l'énergie d'explosion, elle en est, à la seule exception des «initiateurs», le plus dangereux. C'est parce qu'une simple flamme, une toute petite étincelle même suffisent à en amener l'explosion; des coups de foudre la provoquent régulièrement. A l'air libre, elle brûle très rapidement, et on peut allumer p. ex. une petite quantité d'une bonne poudre noire très fine dans la paume de la main sans risquer la moindre brûlure. L'inflammation d'une plus forte quantité de poudre produit une longue flamme crachante, c'est-à-dire qu'il y a projection violente

de grains de poudre non ou incomplètement brûlés. Les victimes d'accidents de ce genre-là ont ordinairement l'épiderme parsemé de grains noirs qui, bien souvent, s'incrustent profondément dans les tissus. — Dans les premières armes à feu, il fallait enflammer la poudre par la flamme d'une mèche ou par l'étincelle produite par un silex. Aujourd'hui on se sert exclusivement d'amorces au fulminate de mercure. Grâce à ces amorces, la vitesse de combustion de la poudre a été augmentée à un point tel qu'il fallait en réduire les charges.

La poudre pyroxylée ou poudre sans fumée (*rauchschwaches Pulver*) représente une poudre à vitesse d'explosion réglée. Brûlée, elle ne développe que des gaz, sans résidu solide. Ces gaz sont peu visibles à l'œil et se dissipent rapidement, d'où le nom de poudre «sans fumée» justement. Mais la fumée développée par ces poudres est tout de même visible, la vapeur d'eau surtout, à l'état condensé, de sorte qu'elle peut gêner sérieusement le tireur. Comparons à ce titre une carabine Winchester à répétition automatique et une carabine Winchester à répétition non automatique, système à piston. Pour la première la vitesse de tir est égale à la vitesse de mouvement du doigt qui en actionne la détente, théoriquement parlant du moins. Mais en réalité il y a, après chaque coup et pendant quelques instants, une quantité de fumée suffisante pour empêcher le tireur de voir nettement son but de tir. Or, ce temps qui est perdu est plus que suffisant pour manœuvrer le mécanisme de répétition de la seconde carabine, de sorte que la vitesse du tir visé est la même pour les deux armes; la seconde présente en outre l'avantage d'être meilleur marché et d'un fonctionnement plus sûr.

Le principal composant de la poudre pyroxylée est la *nitrocellulose* ou *fulmicoton* (*Schießbaumwolle*) qui souvent en est le seul ingrédient. D'autres types de poudre pyroxylée renferment, à côté, une quantité plus ou moins considérable de *nitroglycérine* (*Nitroglycerin*). La nitrocellulose et la nitroglycérine s'y trouvent intimement mélangées. En choisissant des dissolvants appropriés, il y a moyen de les «gélatiniser»; cette gélatinisation vient modifier certaines parmi leurs propriétés telles que la combustibilité, la densité cubique etc. C'est pour cette même raison qu'on ajoute quelquefois des substances non explosives en proportions plus ou moins fortes. Mais dans la plupart des cas on choisit un fulmicoton incomplètement nitré, le coton du collodion p. ex. qui est très soluble dans un mélange d'alcool et d'éther. Cet ingrédient sert de «retardateur» alors et vient affaiblir la brisance de la poudre (munition pour grosses pièces).

La fabrication des poudres sans fumée part de la nitrocellulose finement moulue et bien lavée. Elle est dissoute dans un de ses dissolvants caractéristiques, l'acétone p. ex.; on y mélange les

autres composants et on obtient une pâte plus ou moins épaisse qui se prête aux formes les plus variées: forme de cylindres, de cubes, de lamelles, de cordelettes, de tubes, d'anneaux etc. Pour rehausser leur stabilité on ajoute presque toujours un «stabilisateur» tel que la vaseline, la diphénylamine, le camphre etc. Il y a des poudres de chasse françaises, la poudre J notamment qui renferme, à côté, jusqu'à 17 % de bichromate d'ammonium. Pour rendre les poudres plus progressives encore (voir chap. V), on les trempe dans une solution de camphre qui fait que la surface en brûle plus lentement que l'intérieur.

Les poudres de chasse renferment ordinairement du collodion, dans la proportion de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$ de la masse totale. La poudre des gros canons américains contient jusqu'à 97 % de ce coton et 1 % de diphénylamine. La cordite anglaise se compose de 64 % de nitrocellulose, de 30 % de nitroglycérine et de 5 % de vaseline.

A l'air libre les poudres sans fumée brûlent lentement, sans explosion aucune, mais avec une flamme vive et intense. Un coup de foudre ne fait que les enflammer sans en provoquer directement l'explosion. — La combustion de ces poudres se fait d'autant plus vite que la pression et la température sont plus élevées. Pour faire exploser la poudre sans fumée, il faut donc ou bien l'enflammer en vase clos, ou bien il faut la porter à une haute température. Amassées en grandes quantités et mises en feu, ces poudres peuvent finir par faire explosion par l'échauffement progressif des masses intérieures.

Les poudres sans fumée ont souvent l'ennuyeuse propriété de se décomposer lentement. En présence de fortes quantités, cette lente décomposition peut aboutir à la conflagration et à l'explosion. Les catastrophes bien connues de l'«Iéna» et de la «Liberté», causées par l'inflammation spontanée de la «poudre B», sont classiques pour ainsi dire quant à la manière dont ces poudres se comportent au feu. La cargaison de la «Liberté» en matière de poudre pyroxylée était de 125 000 kg. A 5 h. 50 min. exactement, on vit des fumées âcres accompagnées de flammes jaunes qui sortaient des casemates et des monte-charges communiquant avec les soutes aux poudres. Il y eut trois petites explosions de gargousses se produisant presque au même instant. Mais c'était à 6 h. 10 min. seulement, soit vingt minutes plus tard, que la pression et la température des soutes étaient devenues suffisamment élevées pour faire sauter le tout avec un éclat formidable.

La couleur originale des poudres sans fumée est le blanc, le jaune, le brun ou la couleur grisâtre. L'aspect noir brillant des poudres pyroxylées pour fusils et pistolets provient d'un enduit de graphite. C'est que la nitrocellulose s'électrise fortement par

simple frottement. Cela est vrai à un point tel que, par un temps sec, il est presque impossible de remplir la douille d'une cartouche de fusil p. ex. Les grains de poudre s'électrisent instantanément et viennent adhérer avec obstination aux parois de la douille et de l'entonnoir qui sert à les verser dedans. Aussi le maniement de fortes quantités de ces poudres peut-il devenir dangereux à cause des étincelles qui peuvent jaillir à tout moment. C'est pour obvier à ce grave inconvénient qu'on rend la surface de ces grains conductrice de l'électricité en la recouvrant d'un enduit graphitique.

La poudre pyroxylée pour canons présente la forme de cubes, de cylindres, de bandes, de tubes etc. Les tubes ne ressemblent pas mal à des tiges de macaroni. Toutes ces poudres peuvent être tenues en main, à l'état brûlant, à l'exception des tubes du genre macaroni. Là les gaz de combustion finissent par échauffer l'intérieur des tubes à un point tel que leur combustion se fait avec la rapidité d'une explosion. C'est ce qui a conduit maintes fois déjà à des brûlures très graves.

La poudre pyroxylée exempte de nitroglycérine n'est pas altérée par l'eau même bouillante. Contrairement à ce qui a lieu pour la poudre noire, l'emploi des poudres sans fumée, dans les armes à feu, exige l'action amorçante d'un détonant très énergique en même temps que soigneusement adapté à la charge de poudre. Tel est le cas pour tous les explosifs que nous allons étudier dans la suite. Arrêtons-nous donc pour un moment aux explosifs servant exclusivement à l'amorçage, aux „initiateurs“ („Initialsprengstoffe“) comme on les appelle. — Ce sont des corps d'un effet brisant extraordinaire et dont le choc d'explosion vient ébranler brusquement toutes les molécules et les fait exploser ensemble. Le plus ancien et le plus usité de ces corps, c'est le *fulminate de mercure* (*Knallquecksilber*). Pour le préparer, on dissout du mercure dans l'acide nitrique et on verse la solution dans l'alcool. Il y a un dégagement très abondant de vapeurs qui sont incolores d'abord, mais qui deviennent rouges après. Au bout d'un quart d'heure environ la réaction est terminée, et le fulminate s'est déposé au fond du récipient sous forme de cristaux fins et lourds, d'un gris clair. Le précipité est lavé à l'eau et séché à une température très douce. Mélangé prudemment avec du chlorate de potassium et du sulfure d'antimoine, il sert à charger les amorces des cartouches (*Zündhütchen*), des fusées (*Zünder*) et des capsules fulminantes (*Zündkapseln*). Ces capsules renferment, à côté, un autre détonant encore tel que l'acide picrique, le trinitrotoluène, la tétranitrométhylaniline etc. Les cartouches Flobert ordinaires sont chargées exclusivement d'une mince pellicule de fulminate et de chlorate. La charge des amorces propres aux cartouches des armes à feu portatives

varie de 25 à 40 mg, celle des capsules détonantes de 100 à 300 mg.

Le fulminate de mercure représente une poudre cristalline assez lourde, de couleur blanche ou grise et d'une saveur douceâtre, mais il a le grand tort d'être toxique en même temps que très sensible aux assauts extérieurs (choc, frottement) et à la chaleur. Aussi son énergie de détonation est-elle extraordinaire. L'eau bouillante le décompose lentement. Les accidents dus au maniement imprudent d'armes à feu, de munitions etc se rapportent presque toujours à l'explosion d'une amorce au fulminate. Ces amorces représentent de tout petits tubes en cuivre rouge! Méfiez-vous donc si, sur un engin de guerre quelconque, vous découvrez une pièce en cuivre rouge! — A l'état humide le fulminate perd son caractère explosif, mais il le regagne au séchage.

Au cours des dernières années, le fulminate a été avantageusement remplacé par des *azides*, par l'azide de plomb notamment (Pb N_3). Son pouvoir initiateur vaut 6 à 10 fois celui du fulminate. Il a en plus l'avantage d'être moins sensible au choc et à la pression. L'humidité n'a pas d'influence non plus sur lui; à l'état mouillé il détone avec la même énergie qu'à l'état sec! Il y a donc lieu de se méfier d'une capsule détonante même mouillée tant qu'on n'est pas sûr qu'elle ne contient pas d'azide! —

Le détonateur le plus fort connu jusqu'à ce jour, c'est le *perchlorate du nitrodiazobenzène*; il a le grand inconvénient d'être un peu trop sensible au choc et au frottement.

La nitrocellulose ou fulmicoton est, de nos jours, l'explosif le plus important au point de vue industriel. On la prépare en traitant le coton qui représente de la cellulose toute pure, par un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique. Le produit polynitré ainsi obtenu est assujéti à un lavage méthodique et intensif. La stabilité dépend en effet d'un lavage aussi complet que possible. Après lavage à froid, le produit est lavé encore à l'eau bouillante pendant une centaine d'heures. Suivant la concentration des acides en jeu, on obtient des produits plus ou moins complètement nitrés. L'industrie s'est arrêtée à la fabrication de deux variétés de nitrocellulose surtout qui sont: 1° le *pyroxyle ou fulmicoton complètement nitré*, appelé aussi *coton-poudre* (*Schießbaumwolle*); 2° le *fulmicoton du collodion* (*Kollodiumbaumwolle*) dont la nitrification est incomplète, mais qui est facilement soluble dans l'alcool additionné d'éther. C'est cette solution justement qu'on appelle collodion. Elle sert de point de départ à la fabrication du celluloid, des films photographiques et cinématographiques, de la soie artificielle etc. Le fulmicoton du collodion sert également à

dénaturer le pyroxyle complètement nitré et à diminuer par là la brisance de cet explosif.

Enflammé, le fulmicoton déflagre rapidement; on peut le brûler après l'avoir mis sur de la poudre noire, sans que celle-ci s'enflamme. Aussi ne produit-il pas de brûlure sur la main ouverte. A l'état humide, additionné de 15 % d'eau p. ex., il ne détone plus que sous l'influence d'une forte capsule. C'est comme tel qu'on l'emploie pour charger les torpilles. Si la teneur en eau atteint 25 %, il a perdu complètement son caractère explosif, et on peut le transporter alors sans danger aucun.

La grande importance économique de la nitrocellulose est due de préférence à ses applications purement industrielles; nous venons de les citer plus haut. Aussi les quantités de fulmicoton utilisées chaque année dans ces industries sont-elles énormes. — Lors de la retraite allemande on trouvait par-ci par-là de petits sacs en soie blanche remplis de poudre. Ces tissus représentaient de la soie au fulmicoton. Les charges de poudre pour gros canons sont enfermées régulièrement dans des sacs pareils, numérotés et de format varié. Autrefois ces poches représentaient nécessairement des tissus en soie naturelle. Mais cette soie animale brûlant beaucoup plus lentement que la poudre qu'elle renfermait, laissait maintes fois, dans la chambre du canon, des débris de tissu en ignition; il va sans dire qu'ils provoquaient souvent des explosions prématurées du moment que les chargements se succédaient trop rapidement. Ces accidents ne peuvent plus guère se produire depuis qu'on fait usage de tissus en fulmicoton qui sont des explosifs eux-mêmes. Ajoutons pourtant, afin de rassurer ces dames, que la soie artificielle du commerce est suffisamment dénitrée pour ne plus avoir ces propriétés explosives.

Passons à l'autre des principaux composants de la poudre sans fumée, à la nitroglycérine qui est la base active des dynamites. — On la prépare en faisant agir l'acide nitrique sur la glycérine, dans des conditions bien déterminées. La nitroglycérine est une huile éminemment explosive; le moindre choc suffit pour la faire détoner bruyamment. C'est à Alfred Nobel, chimiste suédois et fondateur des prix Nobel que revient le grand mérite d'avoir trouvé le moyen d'enlever à la nitroglycérine son caractère hautement dangereux. Il eut l'idée de la mélanger avec un corps inerte, et il choisit la silice, sous forme de farine fossile ou tripoli (Kieselgur) qui sert d'absorbant alors. Le tripoli représente en effet une substance pulvérulente composée d'une infinité de carapaces siliceuses de Diatomées. Le mélange pâteux ainsi obtenu représente justement la *dynamite*. Si on dissout dans la nitroglycérine du fulmicoton, on obtient un nouvel engin explosif, une dynamite gélatinisée qu'on appelle *dynamite-gomme* ou *gélatine explosive*

et qui est due également à Nobel; c'est l'explosif le plus redoutable qui existe. Les dynamites se congèlent facilement, et la nitroglycérine redevient dangereuse alors. Pour donner une idée des quantités invraisemblables de dynamite employées aujourd'hui par l'industrie minière et autres, remarquons que la construction du canal de Panama a nécessité un total de 16 millions de kilogrammes de dynamite! — Pour caractériser l'énergie explosive redoutable de la nitroglycérine et de ses dérivés, on les appelle explosifs «brisants» ou «détonants», par antithèse aux «poudres». Une cartouche de dynamite mise à découvert sur un rail de chemin de fer détruira sûrement le rail si elle fait explosion. Une autre expérience très élégante est celle-ci: Sur une plaque en fer suffisamment épaisse on met une feuille verte quelconque, une feuille de vigne p. ex. La cartouche de dynamite est placée dessus. La pression des gaz d'explosion est telle que la feuille entre régulièrement dans la plaque en fer et y laisse une empreinte copiant ses moindres détails de structure, comme si elle y était gravée. Des effets pareils seraient naturellement irréalisables avec la poudre noire ou la poudre pyroxylée, ces explosifs déflagrant avec une vitesse de propagation de quelques centaines de mètres seulement par seconde. Aussi ne sont-ils pas à même d'exercer des effets de destruction s'ils ne sont pas enfermés dans un récipient clos. Pour les explosifs «détonants» la vitesse de propagation des ondes d'explosion peut atteindre jusqu'à 8500 mètres par seconde. L'air ambiant oppose à cette vitesse inouïe des gaz d'explosion une résistance égale à celle des parois métalliques même épaisses d'un vase clos, ce qui nous explique les effets de pression que nous venons de mentionner plus haut.

Longtemps la dynamite a été le seul représentant de cette classe de détonants; mais leur nombre s'est considérablement accru au cours des dernières années. Or, tous ces détonants constituent des produits nitrés de la série aromatique. Ces dérivés aromatiques sont extraits du goudron de houille, comme tel est le cas également pour la série interminable des couleurs d'aniline et un très grand nombre de nos médicaments et de nos parfums synthétiques. Tous ces détonants modernes ont joué un rôle plus ou moins considérable pendant la grande guerre. Nous allons en citer quelques représentants seulement: Il y a l'acide picrique d'abord, ou trinitrophénol, il y a le dinitrophénol, le trinitrotoluène ou tetryle, le dinitrotoluène, le trinitrobenzène, le dinitrobenzène, le trinitroxylène, le trinitromésithylène, le trinitrocrésol, la trinitroaniline ou tétryle, l'hexanitrodiphényle, l'hexanitrodiphénylamine etc etc. Tous ces explosifs sont très peu dangereux comme tels, puisqu'ils ne détonent que par l'action amorçante d'une capsule détonante très forte. Mais il y en a quelques-uns qui peuvent faire explosion quand même par un échauffement brusque. Tous

sont très insensibles au choc et au frottement. Mais l'acide picrique, cette poudre couleur de soufre que tout le monde a eu l'occasion d'apprendre à connaître parce que les bombes que nous envoyaient les aviateurs en étaient chargées, a la propriété fatale d'attaquer les parois métalliques qui l'entourent, grâce à son caractère acide. Les picrates ainsi formés sont très sensibles au choc et peuvent provoquer la détonation inattendue de toute la charge. L'acide picrique servait d'explosif brisant dans les armées de presque tous les pays, sous les noms les plus variés : celui de lyddite en Angleterre, de mélinite en France, d'écrasite en Autriche, de «Granatfüllung 88» en Allemagne etc. On l'utilisait non seulement pour le chargement des bombes d'aviateurs et des obus-torpilles, il servait aussi à fabriquer des pétards et des cartouches de rupture. Aujourd'hui il commence à être avantageusement remplacé par d'autres produits, par le trinitrotoluène surtout, ou trotyle comme on l'appelle encore; ce dernier est employé seul ou mélangé avec des produits semblables tels que le trinitrocrésol, l'hexanitrodiphényle etc. — Parmi les explosifs servant essentiellement dans les mines et dans les carrières, citons les explosifs à base de *chlorate* et de *perchlorate de potassium*; leurs noms industriels sont variés : cheddite, permontite etc. Citons également les explosifs à base de *nitrate d'ammonium* tels que la roburite, la donarite etc. La donarite p. ex. se compose de 80 % de nitrate d'ammonium, de 4 % de nitroglycérine, de 12 % de trinitrotoluène et de 4 % de sciure de bois. Sont très intéressants encore les ammonales composés de *nitrate d'ammonium* et d'*aluminium pulvérisé*. Les Autrichiens s'en servaient pour charger leurs grenades à main. — La manipulation de ces explosifs n'est guère dangereuse tant qu'ils ne viennent pas en contact avec une capsule détonante.

L'énergie qui est brusquement mise en liberté par ces fortes détonations provoque, dans les milieux ambiants, un bouleversement d'équilibre qui se propage dans toutes les directions, sous forme d'ondes dites de compression. Ces *ondes de compression* (*Kompressionswellen*), sont capables de provoquer d'autres explosions dans le voisinage, du moins à de courtes distances. Ces actions à distance peuvent avoir des effets très néfastes, et on les a soupçonnées depuis longtemps déjà, parce qu'on observait des faits analogues, lors des explosions accidentelles de poudreries ou de magasins d'explosifs. Plus tard le même fait a été démontré par l'expérience directe, et on l'utilise par exemple pour faire partir des groupes de mines sous-marines; la mine d'amorçage est mise au centre; les autres, placées à des distances convenables, se déchargent simultanément, sans le contact direct ni des éclats ni des gaz d'explosion de la mine centrale. — Ces ondes de compression se propagent d'autant plus rapidement que le milieu environnant est plus dense; mais leur vitesse

qui d'abord est énorme, décroît rapidement et finit par devenir celle des ondes sonores (330 mètres par seconde). Pour une cartouche chargée de 100 g de dynamite par exemple, la vitesse de l'onde de compression est de 3000 mètres par seconde à une distance de 5 cm; à 7 cm de distance, elle n'est plus que de 2400 mètres. Un amas de dynamite de 1 kg, mis tout simplement sur le sol, en plein air, est à même de provoquer l'explosion simultanée d'un second amas de dynamite placé à une distance de 90 cm. Cette distance est de 1.80 m déjà pour une charge de 10 kg; pour une charge de 50 kg, elle atteint 2.50 m; pour une charge de 2000 kg, cet effet d'extériorisation se fait valoir à une distance d'au delà de 5 mètres, de 5.25 m exactement.

La vitesse de l'onde de propagation augmentant en raison directe de la densité du milieu de propagation, elle est plus grande dans la terre que dans l'eau, et plus grande dans l'eau que dans l'air. Si une explosion se produit dans l'eau p. ex., on éprouve régulièrement trois secousses consécutives dues respectivement aux ondes de compression transmises par la terre, par l'eau et par l'air. Au cours de la dernière guerre, un observateur attentif de la ville a pu constater maintes fois que les explosions qui se produisaient à une faible distance de lui, s'annonçaient toujours par un certain sentiment qui précédait le bruit de la détonation d'une fraction de seconde. L'auteur de cette étude qui habite, à Luxembourg, le quartier de la gare, c'est-à-dire le quartier qui a été le plus exposé aux bombes des aviateurs, a pu constater également et à maintes reprises ce sentiment avertisseur. Maintenant même on en peut faire l'expérience encore, de temps à autre, en écoutant les explosions de munitions au delà de nos frontières.

Deux ondes de direction opposée qui se rencontrent dans l'espace, à une faible distance de leur lieu d'origine, sont à même d'y comprimer l'air à un point tel qu'il en devient incandescent! Deux cartouches de dynamite p. ex., de 100 g chacune, placées à une distance de 15 à 20 cm l'une de l'autre et amenées à détoner simultanément, suffisent amplement pour produire cet effet qu'on peut fixer même sur une plaque photographique. Le cliché nous montrera alors les deux flammes d'explosion et, entre les deux, une troisième qui est la flamme d'incandescence. Sous l'action d'une compression instantanée de 200 atmosphères p. ex., l'air peut être chauffé temporairement jusqu'à 1000° C. Cette action à distance, si elle se fait valoir dans une mine de houille par exemple, peut très bien provoquer l'inflammation du grisou.

A côté de leurs propriétés explosives, la plupart de ces substances présentent un certain danger encore par leurs *propriétés toxiques*. La nitroglycérine, le fulminate, les produits nitrés aromatiques tels que l'acide picrique, le trinitrotoluène etc représentent

des poisons. Mais le danger qu'ils présentent sous ce rapport sont tout à fait minimes à côté des effets toxiques des gaz d'explosion qu'ils mettent toujours en liberté et parmi lesquels l'oxyde de carbone est le gaz le plus astucieux et le plus délétère. Les quantités d'oxyde de carbone développées par les explosifs modernes sont vraiment énormes. Un kilogramme d'acide picrique p. ex. en produit 700 litres environ. En des endroits clos de toutes parts, ces gaz peuvent devenir plus dangereux que les éclats d'obus. La poudre pyroxylée dégage aussi des quantités notables de cet oxyde, et les indispositions qui se sont déclarées souvent parmi les tireurs des stands de tir — c'étaient des tremblements de muscles et des maux de tête ordinairement — ne représentaient pas toujours l'effet de «l'eau de vie» consommée, ou «Visierwasser», pour nous servir du terme d'argot qui lui a été trouvé par l'humour allemand; au contraire, ces malaises étaient dus souvent au seul oxyde de carbone que ces gens devaient respirer et qui a le grand désavantage d'être complètement inodore.

Il nous reste à dire un mot des *méthodes servant à la destruction voulue* de munitions et d'explosifs qui sont devenus des objets de danger public.

La poudre noire est détruite par l'eau, par l'eau chaude de préférence qui en dissout le salpêtre. On peut la répandre également sur le sol, en traînée large et mince, et la brûler alors à l'aide d'une mèche allumée. — Ce dernier procédé est de rigueur pour la destruction de la poudre sans fumée. Pour les poudres en forme de cylindres creux ou de tubes, il faut avoir soin en même temps de les disposer en sorte que le vent ne peut faire entrer la flamme dans l'intérieur des tubes. Le mieux sera toujours de les écraser avant de les brûler. — Le fulminate de mercure est décomposé par l'acide chlorhydrique à chaud; ou bien on le dissout dans le cyanure de potassium. — Quant aux petites amorces des cartouches, on n'a qu'à les jeter dans l'eau d'un fleuve où leur charge se détruira petit à petit. On peut les mettre également dans un pot solide en fonte, par petites quantités; le pot est fermé par un couvercle et placé sur un petit feu brûlant à l'air libre, entre deux briques. Dès que la température s'approche de 180 à 190°, les capsules éclatent. — Quant aux cartouches chargées, le mieux sera de les décharger à l'aide de l'arme tout bonnement à laquelle elles sont destinées. Ou bien on les démonte en enlevant d'abord la balle et puis, après, la poudre qu'on détruira d'après un des procédés précités. Les douilles vidées resteront munies encore de la capsule au fulminate. Le moyen le plus simple de les rendre inoffensives sera de les introduire dans l'arme et d'y faire éclater l'amorce par le chien de l'arme ou par le percuteur. Ou bien on met les douilles dans la marmite que nous venons de mentionner

plus haut tout en ayant soin qu'elles s'y trouvent couchées sur le flanc; si elles étaient mises debout, le fond en bas, les amorces seraient capables de percer le fond de la marmite. — Les poudres à base de chlorate ou de nitrate d'ammonium sont détruites par l'action dissolvante de l'eau. — L'acide picrique, le trinitrotoluène et tous les autres explosifs de ce genre sont sans danger comme tels; qu'on en fasse cadeau à quelque fabricant de munitions ou à une usine quelconque de produits chimiques! Si on préfère les détruire, on pourra le faire à l'aide d'une capsule détonante. — Les obus, les shrapnels et les bombes sont détruits généralement par voie d'explosion. On n'a qu'à placer dessus un petit cube d'acide picrique ou de trotyle comprimés et munis d'une capsule fulminante. La capsule portera une longue mèche brûlant avec une vitesse de 1 cm par seconde. On en choisira la longueur telle que l'opérateur trouve le temps de se garer à une distance de 500 à 1000 mètres environ. C'est là, selon l'importance des engins explosants, le rayon de la zone dangereuse. Les obus neufs peuvent être démontés par des experts, mais les obus ratés (Blindgänger), c'est-à-dire ceux qui ont été tirés sans avoir éclaté, devront être entourés de précautions infinies; il faut les détruire par explosion.

Il va sans dire que tous ces procédés de destruction ne seront confiés qu'à des experts connaissant les mesures qu'il y aura lieu de prendre dans chaque cas déterminé.

Parmi les accidents dus à l'emploi d'armes à feu, citons en premier lieu *l'éclatement de l'arme* qui est généralement provoqué par une charge trop forte ou, disons mieux, par l'emploi d'une poudre non appropriée. Sous ce point de vue-là, l'ancienne poudre noire avait des avantages manifestes; sa vitesse de combustion changeait très peu avec l'augmentation de la pression. Voilà pourquoi les fusils éclataient rarement, à cette époque-là, malgré leur construction un peu primitive et l'emploi de surcharges souvent inouïes. — La chose est tout autre avec les nouvelles poudres dites pyroxylées. Là, une faible surcharge, une faible compression de la poudre, une amorce trop forte, un projectile trop lourd etc peuvent amener un état de surpression capable de faire éclater le meilleur canon de fusil. — Pour la poudre noire, la brisance était assez constante et ne dépendait que de la finesse du grain pour ainsi dire. Les poudres sans fumée par contre sont très différentes sous ce rapport, et il y a toujours un certain danger à faire usage d'une nouvelle poudre pyroxylée qu'on ne connaît pas encore. Mais la cause la plus fréquente en fait d'accidents de ce genre est l'utilisation de poudres pyroxylées dans des armes qui sont destinées exclusivement à l'emploi de poudres noires. Puis il y a la manie de beaucoup de chasseurs de vouloir tirer des

charges très fortes dans des armes aussi légères que possible. Il est vrai que ces armes sont toujours essayées avec une forte surcharge, au banc d'épreuve, mais la structure et les autres qualités de l'acier changent peu à peu par l'usage continu, et un beau jour la moindre erreur de charge peut amener le malheur! — Une autre cause d'éclatement, cause assez fréquente même, c'est la présence d'un obstacle dans l'intérieur du canon. Ces obstacles ont souvent l'air de rien du tout, de sorte qu'il ne faut pas s'y tromper. Un peu de terre, un peu de neige, quelques filaments textiles peuvent suffire pour faire gonfler ou crever le canon; la déchirure, dans ces cas-là, se produit toujours exactement derrière l'obstacle. — Le cas le plus grave est celui d'une balle restée dans le canon, par mégarde. On aurait tort de vouloir s'en débarrasser à l'aide d'une cartouche chargée; il n'y aurait d'autre résultat que celui de démolir le fusil. — Il faut qualifier de mauvaise habitude celle de boucher l'orifice du canon, ne fût-ce que par un simple tampon d'ouate ou par un bouchon de papier destinés à empêcher la pluie ou la poussière d'y tomber. On oublie presque toujours d'enlever l'obstacle, et la conséquence inévitable en sera encore l'endommagement de l'arme, sinon du tireur lui-même.

Quant aux accidents malheureusement trop nombreux qui sont causés par des *coups de feu tirés par mégarde*, il faut les ramener presque toujours au manque complet des précautions les plus élémentaires. Il y a deux règles qui suffiraient amplement pour éviter tous ces accidents, et tout propriétaire d'une arme à feu devrait en être pénétré au point de les suivre automatiquement pour ainsi dire. Les voici:

1° Ne mettez jamais de côté une arme avant de l'avoir déchargée, à moins qu'il ne s'agisse d'une arme de défense qu'il faut mettre à l'abri des mains d'autrui alors.

2° En manipulant une arme à feu, ne tournez jamais le canon ni vers vous-même ni vers une personne quelconque qui se trouve à côté de vous!

N'allez pas dire qu'il n'y a aucun danger parce que l'arme n'est pas chargée! Ce sont les armes «non chargées» justement qui sont les plus dangereuses. Un tireur expert américain m'a avoué un jour qu'aux Etats-Unis la statistique prouvait avec une évidence effrayante qu'en temps normaux les armes «non chargées», c'est-à-dire les armes dont on croyait qu'elles n'étaient pas chargées, faisaient plus de victimes que les armes chargées. Même dans le cas où vous êtes «absolument sûr» que l'arme n'est pas chargée, la personne qui se trouve devant votre canon aura toujours tort si elle vous croit. — Et puis il y a une fâcheuse habitude encore qui est celle de tous les gens qui sont simplement amateurs en matière de tir: En prenant en main une arme qu'ils ne con-

naissent pas, leur premier mouvement est toujours celui d'appuyer le doigt sur la gâchette. Tous ces accidents sont devenus singulièrement nombreux depuis la mise en vente des armes de poche à répétition automatique, des pistolets genre Browning. C'est que ces armes sont à détente très douce et qu'à l'état chargé leur percuteur est toujours armé, sans qu'on puisse s'en apercevoir. Un simple choc, la chute de l'arme p. ex. suffit pour faire partir le coup. Il y a bien une ou plusieurs «sûretés» («Sicherungen»), mais on est presque tenté de dire que plus il y a de sûretés, plus il y a d'accidents. Un grand nombre de systèmes présentent des leviers pouvant être tournés dans la poche à votre insu, par le seul effet du frottement continu contre les tissus! — Ou bien imaginons le cas où il y a agression subite! Vous sortez l'arme, mais elle ne fonctionne pas! Le levier est bien en règle cette fois-ci, mais vous avez oublié de le tourner! Avant de vous apercevoir de votre oubli, votre adversaire a trouvé déjà le temps de vous terrasser! — Ou bien encore, vous mettez le pistolet de côté; il est chargé et dûment bloqué. Mais voilà un ami qui arrive; il voit l'arme et la prend en main pour l'examiner de près. Il essaiera naturellement la détente qui résiste. Votre ami sera sûr dès lors que l'arme n'est pas chargée. Il continue à en faire l'examen en toute sécurité; il trouve un petit levier qu'il fait virer, et c'est tout naturel. Il le fait tourner à droite, il le fait tourner à gauche, et il n'a pas idée qu'il vient de déclancher le dispositif de sûreté; une seconde pression sur la détente, et le malheur est fait! — Un grand nombre d'accidents proviennent encore de ce qu'on oublie qu'il y a encore une cartouche dans le canon après l'enlèvement du magasin. Aussi certains systèmes de pistolets automatiques sont-ils munis d'une sûreté qui reste automatiquement en fonction aussi longtemps que le magasin est enlevé. L'arrangement ne conjure pas le danger d'une manière complète pourtant; car si on a oublié la cartouche qui est restée dans le canon et qu'on remette le magasin après l'avoir vidé, on croit nécessairement que l'arme n'est pas chargée, mais on a grandement tort! Un des meilleurs systèmes de blocage est le système suivant: Le côté postérieur du manche porte un levier qu'il faut déprimer fortement pour libérer la détente; c'est ce qu'on fait presque à son insu dès que le manche est empoigné pour tirer.

Dans le pistolet Schwarzlose on va plus loin encore: là le levier de sûreté se trouve placé sur le côté antérieur du manche. Le pistolet est armé au moment du tir seulement, vu que la main du tireur qui tient l'arme doit tendre le ressort du percuteur. Cet arrangement nous ramène tout bonnement aux vieux systèmes des revolvers où le chien a été armé également par l'intermédiaire de la détente seulement, et cela pour chaque coup séparément. Les revolvers

n'avaient pas d'autres «sûretés» ordinairement. Aussi les revolvers sont-ils plus sûrs que les pistolets genre Browning p. ex., et ils sont loin de disparaître malgré tous les progrès qui ont été réalisés depuis en armurerie. Un bon revolver est toujours l'arme la moins dangereuse et la plus sûre quant au fonctionnement: c'est l'arme de défense par excellence, et on peut s'y fier! Une cartouche de revolver si elle refuse de partir, ne gêne pas autrement, tandis que le Browning en est immédiatement bloqué, et il faut en enlever d'abord la cartouche ratée avant de pouvoir tirer le second coup. Imaginez-vous donc un carrefour désert et, dans ce carrefour, un voyou qui vous met plus ou moins gentiment devant l'alternative de lui céder ou la bourse ou la vie! Vous vous empresserez naturellement de fourrer la main dans votre poche pour avoir l'air de ne pas demander mieux que de pouvoir vous débarrasser de vos chiffons de papier! Mais en réalité vous empoignerez votre revolver pour lui lancer une ou plusieurs balles, du dedans même de la poche, sans sortir l'arme. Avec le revolver du bon vieux temps ce coup réussira admirablement; mais il n'en serait plus de même avec un Browning p. ex. dont la culasse, en reculant, vous blesserait sérieusement la main ou la cuisse.

Au chapitre IV de cette étude, nous avons eu déjà l'occasion d'aborder la question du *choix d'une arme de défense* rationnelle. Nous allons y revenir encore une fois et tâcher de résoudre la question qui est souvent posée, celle de savoir ce qu'il faut préférer: le revolver ou le pistolet? — Pour nous décider, nous allons passer en revue toutes les qualités et tous les défauts qu'il y a lieu d'envisager en l'occurrence:

1° *Sûreté de fonctionnement* (*reliability, Zuverlässigkeit*). — Sous ce rapport le revolver, grâce à sa construction et à sa simplicité de maniement, l'emporte de beaucoup sur tous les genres de pistolets. D'une manière générale on pourra dire que les armes à répétition automatique dont le fonctionnement dépend de la pression des gaz, sont moins sûres que celles dont la répétition est à la charge du tireur.

2° *Puissance*. — Pour un même volume extérieur les pistolets sont généralement supérieurs aux revolvers; ajoutons toutefois que les bons revolvers américains chargés à la poudre pyroxylée leur sont équivalents, du moins en pratique.

3° *Vitesse de tir*. — Là, l'avantage est manifestement du côté des Brownings, pourvu toutefois qu'il n'y ait pas de raté ce qui arrive assez souvent.

4° *Probabilité d'accidents*. — Sous ce rapport-là les revolvers ont le dessus de nouveau; le danger de faire du mal à soi-même ou à autrui est sensiblement supérieur avec les pistolets. Les armes qui sont les plus dangereuses à manier sont les pistolets à percu-

teur invisible (Browning, Bayard, Walther, Roth-Sauer, FL, Parabellum, Clement etc.).

5° *Précision de tir*. — Les commençants réussiront mieux avec un pistolet qu'avec un revolver. C'est que, dans la main d'une personne non entraînée, le revolver, à cause de la dureté de sa détente, donne souvent des écarts formidables.

6° *Les dimensions de l'arme*. — Il va sans dire que le pistolet est plus commode, comme arme portative, à cause de son volume général qui est plus faible et de sa forme particulière qui est plus aplatie.

7° *Le prix d'achat*. — Un bon revolver coûte autant ou plus même qu'un pistolet automatique. Les revolvers bon marché ne valent pas grand'chose ordinairement.

Le danger que comporte le maniement des pistolets — c'est donc là leur grand défaut — est réduit de beaucoup dans les systèmes à chien extérieurement visible (Webley & Scott, Frommer, Savage, Colt, grand Mauser, Steyer, Manlicher etc.). Si on a soin de rabattre le chien doucement, on peut transporter l'arme chargée en toute sécurité. Au moment de s'en servir, on n'a qu'à armer le chien au moyen du pouce de la main qui tient le pistolet, et l'arme est prête à tirer les sept ou dix coups à n'importe quelle vitesse. — Au point de vue mécanique il y aura avantage à arrêter son choix sur un système qui aura le moins de ressorts à lame possible. C'est que ces ressorts se fatiguent rapidement et se cassent après. Les ressorts en spirale ont une résistivité et une durée de fonctionnement bien plus grandes.

L'opération du chargement des pistolets comporte un moment qui est critique: c'est le moment où l'on fait glisser une cartouche dans le canon. Souvent en effet il arrive qu'en ce moment même un coup part d'une manière tout à fait inattendue. Il ne faut donc jamais perdre de vue la règle qui dit de diriger le canon toujours vers le bas, au moment de le charger.

Pour finir la série des causes d'accidents possibles, notons encore le *cas des ricochets* (*Prellschüsse*). Sont surtout dangereux les ricochets sur l'eau. Les petits plombs aiment également à ricocher et, atteint à une courte distance, on peut en contracter des blessures sérieuses. Avis donc à messieurs les chasseurs, à ceux surtout qui ont l'habitude de se servir d'armes à longue portée (armes à munition de guerre): Faites attention aux alentours et à l'arrière-plan surtout! —

La manipulation des munitions de fusil ne présente aucun danger tant qu'on ne les chauffe pas fortement ou qu'on n'en enfonce pas l'amorce. (Pour l'explosion des cartouches cf. chap. I).

Quant aux nombreux accidents enfin qui ont été causés dans

notre Grand-duché par des *engins de guerre ramassés par simple curiosité*, disons d'abord que tous étaient dus à une imprudence vraiment coupable et qui allait de pair avec l'ignorance la plus absolue quant à la construction et au maniement de ces engins dangereux. On lisait couramment dans nos journaux, que tel ou tel «ramassait» ou «voulait ramasser», «regardait» ou «voulait regarder seulement» un de ces engins abandonnés quelque part par les hasards de la guerre, quand «d'un coup» il faisait explosion. C'est un non-sens et c'est faire foi d'une bêtise fieffée que de le prétendre ou de le croire. Il n'y a ni bombe ni grenade qui fasse explosion au simple toucher ou sous le coup d'un regard naïvement curieux, fût-il perçant même comme les yeux d'Argus Panoptès. Au contraire: tous les explosifs, et les explosifs allemands surtout, étaient pourvus régulièrement d'un tas d'arrangements de sûreté, et il fallait se donner réellement du mal pour réussir à les faire éclater. Mais il y a comme une loi d'une singulière fatalité que ce soient justement les gens ignorant tout quant à la construction intime de ces ustensiles de guerre qui réussissent toujours à trouver immédiatement ce qu'il y a de plus dangereux à enlever; les pièces qui s'enlèvent le plus facilement sont les pièces de sûreté évidemment. Après avoir porté ainsi l'engin fatal au maximum de sa sensibilité, ces malheureux se mettent ordinairement à le maltraiter au marteau pour lui faire rendre ses autres secrets. Pour autant que je sache, tous les accidents qui se sont produits ainsi dans le pays, n'ont jamais été provoqués par un éclatement d'obus. Il ne s'agissait chaque fois que de fusées, de capsules détonantes ou de grenades à main. Ces dernières surtout sont notoirement dangereuses. Une fois amorcées, elles brûlent à l'intérieur pendant 5 à 6 secondes avant d'éclater. Mais on les voit et on les entend brûler! Si donc, en présence de ces phénomènes et de ces bruits, sur le sens desquels il n'y a pas moyen de se tromper, il y a des ingénus qui s'obstinent quand même à garder en main une grenade aussi manifestement amorcée et qui va nécessairement éclater au bout de quelques secondes, il faudra en imputer la cause à ce vice inextirpable contre lequel, au dire de Talbot, même les dieux de l'Olympe ont toujours lutté vainement.

VII. L'expertise en matière de tir.

L'emploi imprudent ou criminel d'armes à feu ou d'explosifs oblige souvent les autorités à avoir recours à des experts.

Le choix de ces experts n'est pas toujours facile. Très souvent, faute de mieux, on choisit un armurier (lisez: marchand d'armes!) ou un garde-forestier ou un chasseur de profession. Du moment qu'il ne s'agit que d'un accident de chasse, forestiers et chasseurs pourront émettre, le cas échéant, un avis d'une certaine compétence, et un juge qui sera chasseur expérimenté lui-même, sera à même d'apprécier la valeur de leur expertise. Mais dans la plupart des cas il s'agit de questions de balistique, ou il s'agit de juger du rendement d'une arme etc. Dans ces cas-là il faut que l'expert ait fait des études spéciales approfondies, il faut qu'il connaisse les différents systèmes d'armes, leurs effets à de courtes et à de longues distances, leurs particularités, les principales marques de munitions, la nature et les propriétés des explosifs etc. — Mais il ne suffira pas de maîtriser la matière au point de vue de la théorie; il faut que l'expert en cause puisse se baser sur une longue expérience personnelle également. La compétence d'un armurier, s'il mérite ce nom, se réduira dans la plupart des cas à la connaissance des détails de construction et de fonctionnement d'une arme, et ce sera tout! Un fabricant de plumes à écrire n'est pas censé être expert en graphologie. Mais la plupart des soi-disant «armuriers» n'ont même jamais construit une arme; ce ne sont que des marchands d'armes, comme nous venons de dire plus haut, et leur compétence se réduira tout bonnement à l'estimation du prix d'une arme.

Mon intention n'est pas de donner, dans ce qui suit, un cours complet sur l'expertise en matière de tir; je me contenterai d'effleurer quelques-unes des multiples questions qui peuvent devenir l'objet d'une expertise sérieuse.

Il s'agira d'abord de juger des effets possibles d'un projectile quelconque; nous en avons parlé déjà au chapitre IV. Pour évaluer les effets mortels d'une balle on choisit souvent, pour comparer, les effets produits par la balle sur du bois de sapin sec. Une balle qui n'y pénètre qu'à une profondeur de 8 mm au plus, produit sur le corps humain des effets de contusion seulement ou une plaie peu profonde qui n'est pas mortelle.

Un projectile qui entre dans le bois de sapin jusqu'à 23 mm de profondeur, peut être d'un effet mortel, à condition toutefois qu'il ne soit pas forcé de traverser les os.

Une balle qui est à même de traverser plus de 23 mm de bois sec, produira des blessures qui seront toujours mortelles du moment que la balle atteindra des parties vitales.

Une arme est donc franchement mortelle, pour une distance déterminée, si, à cette distance, elle est à même de perforer régulièrement une planche de sapin de 25 mm d'épaisseur. Elle n'est que conditionnellement mortelle, si, à cette distance, elle ne réussit pas toujours à traverser la planche d'essai.

La balle n'est pas mortelle du tout, à une distance déterminée, si, à cette distance, elle n'entre pas dans la planche et si elle rebondit en y laissant seulement une empreinte plus ou moins visible.

Pour produire sur le corps humain non habillé de simples contusions ou des blessures peu profondes, il faudra toujours une énergie minima de 0.0215 kgm par mm² de section.

Pour entamer un os quelconque, l'énergie doit être de 5 kgm au moins, et pour percer ou pour démolir les grands os, il faut une énergie de plus de 16 kgm par mm².

Pour blesser un homme sérieusement, l'énergie nécessaire est de 8 kgm.

Or, l'expert qui connaît le poids d'un projectile pourra, grâce à l'évaluation des effets qu'il a produits et à la formule de l'énergie du mouvement, calculer approximativement la vitesse dont la balle disposait au moment de frapper la victime. Puis, à l'aide du tableau des vitesses des projectiles, il sera bien souvent à même d'évaluer la distance à laquelle le coup a été tiré.

Les courtes distances, jusqu'à 75 cm au maximum, peuvent être évaluées ordinairement par l'aspect de la blessure et de ses alentours. Un coup de feu tiré à courte distance dessinera, sur les tissus qui entourent la plaie, une série de traces colorées. Ces effets de «tatouage» comprennent trois zones: 1° un mince liséré immédiatement juxtaposé à l'orifice d'entrée; c'est la «collerette d'essuyage» de la balle, d'après Chavigny. La peau étant élastique, elle est enfoncée sous forme d'entonnoir, puis percée. Le trou se rétrécissant après le passage de la balle, l'orifice d'entrée est plus petit ordinairement que le calibre du projectile; l'effet est le même que si l'on tirait sur une feuille en caoutchouc élastique. C'est aux bords de l'orifice, c'est-à-dire sur les parois de l'entonnoir formé par la peau que le projectile s'essuie régulièrement de la crasse dont il s'est chargé pendant son trajet dans le canon (crasse du canon, graisse dont le canon ou le projectile ou les deux étaient enduits, produits de la décomposition incomplète de la poudre etc). Les balles en plomb (balles de revolver) sont presque toujours enduites de graisse; les balles des pistolets automatiques ne le sont pas; mais le canon de ces armes doit être bien

huilé pour empêcher les dépôts de rouille. Si le canon est rouillé, cette rouille se retrouvera sur la collerette d'essuyage. Si, avec une même arme, on tire plusieurs coups consécutifs, le premier donnera une collerette d'essuyage très foncée; pour les coups suivants, elle le sera de moins en moins. La première balle a nettoyé le canon de l'arme en le parcourant, les balles subséquentes ne se chargent plus que des résidus de combustion de la poudre du coup précédent. Si on se servait d'un revolver tirant des balles en plomb graissées, toutes les collerettes auraient des traces de graisse, tandis qu'avec un Browning il n'y aura que la collerette de la première balle ordinairement qui laissera des traces de graisse provenant du canon de l'arme.

Cette collerette d'essuyage ne s'observe non seulement lorsque le coup a été tiré de près, elle s'observe jusqu'à l'ultime portée de la balle. Elle est bien plus visible et plus nette si la cartouche est chargée à la poudre noire. Elle peut même être constatée quand même la balle a rencontré et traversé plusieurs couches d'étoffe.

La deuxième zone, la zone de tatouage proprement dite qui se dessine sur le bord externe de la collerette d'essuyage, doit sa coloration et son aspect à deux éléments différents, dont l'un est constitué par le dépôt d'une mince couche pulvérulente, tandis que l'autre est représenté par des grains de poudre non brûlée, ayant un diamètre appréciable à l'œil nu; ces grains sont plus ou moins profondément incrustés dans la peau. Souvent, quand il s'agit de poudre pyroxylée p. ex., on peut reconnaître très nettement, à la loupe ou au microscope, l'aspect général et la forme de lamelles de ces espèces de poudres. Ces tatouages ne s'observent que pour des coups tirés à des distances très faibles, jusqu'à 75 cm au plus. Leur étendue permet souvent de juger de la distance de tir, à quelques centimètres près.

La troisième zone qui est la zone la plus externe, est constituée par un dépôt pulvérulent de produits de décomposition de la poudre.

Pour les coups à petits plombs, à côté des effets de pénétration, la dispersion des plombs pourra fournir également des indications utiles quant à la distance de tir. La distance maxima à laquelle la charge de plombs «fasse balle» et ne forme plus qu'une seule plaie, est de 65 cm environ pour un fusil de chasse.

Quant aux tatouages ils peuvent manquer complètement parfois, même au tir à de très courtes distances. Ces cas dépendent des munitions employées; la poudre brûle complètement alors avant que le projectile ait quitté le canon.

Le projectile trouvé dans la victime ou sur le lieu même du délit pourra fournir des indications utiles également. Il y aura

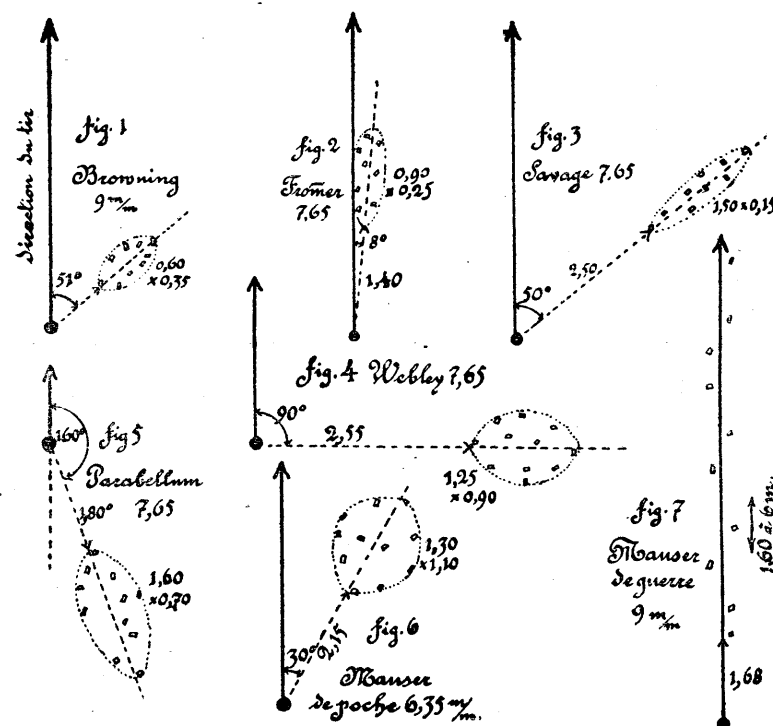
à envisager d'abord son calibre, puis sa nature, son poids, le nombre des rayures entaillées, leur largeur, leur profondeur etc. Il y a de mauvaises armes dans lesquelles les défauts du canon laissent souvent leur trace sur la périphérie du projectile. La surface en pourra porter, en outre, des empreintes dues aux objets touchés ou traversés, voire même la structure des étoffes qui ont été perforées. L'examen de la surface d'un projectile fortement déformé montrera dans bien des cas s'il s'agit d'un ricochet p. ex.; il y a même moyen de dire sur quoi la balle a ricoché.

L'arme elle-même peut porter des empreintes de doigts, surtout les pistolets automatiques à surface métallique polie. L'eau de lavage du canon soumise à l'analyse peut fournir des indications sur le temps qui s'est écoulé depuis que le dernier coup a été tiré avec l'arme en question.

Au tir au revolver, les douilles des cartouches brûlées restent dans le barillet, tandis que les armes automatiques, les pistolets du genre Browning etc projettent la douille par terre, après chaque coup. Ces douilles trouvées sur le lieu même du crime sont du plus haut intérêt pour l'expert. La place où elles ont été trouvées pourra le renseigner ou bien sur l'arme qui a servi au meurtrier, ou bien sur l'emplacement du malfaiteur au moment du tir, ou bien encore sur la direction dans laquelle le coup a été tiré. C'est que chaque système de pistolet a la tendance d'éjecter ses douilles dans une direction et à une distance déterminées; ces facteurs diffèrent d'un système à l'autre. Les résultats d'essai qui ont été obtenus par l'auteur de cette étude, au moyen de sept pistolets automatiques différents, sont reproduits graphiquement sur les fig. 1—7. Le gros point noir indique l'emplacement du tireur, la flèche renseigne sur la direction du tir. Les coups (12 coups pour chaque arme) ont été tirés horizontalement et à bras étendu. Le Browning, le Savage et le petit Mauser, comme la plupart des systèmes, projettent les douilles vides vers la droite et en avant. Le Webley & Scott les lance à une assez grande distance, dans une direction qui est perpendiculaire à celle du tir. Le Parabellum (Lueger) envoie ses douilles en arrière, tandis que le grand Mauser les projette dans la direction même du tir. Il y a lieu de remarquer que tous ces résultats veulent être jugés cum grano salis et qu'il faut leur accorder une assez grande latitude d'appréciation. C'est que les points de chute des douilles dépendent encore de toute une série de circonstances telles que le vent, le degré d'inclinaison de l'arme, le rebondissement des douilles sur la terre etc.

Les douilles elles-mêmes, de par leur système, leur calibre, leur marque de fabrique etc permettent à l'expert de conclure sur le système d'arme qui a été employé. Mais il y a bien plus: dans presque tous les cas les douilles portent pour ainsi dire la signa-

ture propre et individuelle de l'arme qui a servi à les tirer. Il y a d'abord l'impression du percuteur qui, très souvent, ne frappe pas au centre de l'amorce, mais la touche excentriquement, vers le haut, vers le bas, ou à droite, ou à gauche. La trace de l'extracteur qui est presque toujours visible également, indiquera à l'expert qui est renseigné sur l'emplacement de l'extracteur dans les différents systèmes, quelle a été la position de la douille dans l'arme, et il



sera à même par là de dire si le percuteur y frappe à gauche ou s'il frappe trop haut etc. — Les inégalités de la paroi de la chambre à cartouche viennent se graver également dans la surface de la douille. Notons encore que, même pour des armes de même fabrication, le diamètre de la chambre n'est pas exactement le même, et la douille qui, sous l'influence de la pression énorme, a copié exactement la forme de la chambre, ne s'adaptera plus qu'à la seule chambre de l'arme qui a servi au tir. S'il s'agit donc d'établir si une arme donnée a servi à un délit ou non, on essayera toujours d'y réintroduire les douilles qui ont été trouvées sur le lieu du crime. Si elles y vont tout juste, il y a une certaine probabilité permettant de dire que peut-être c'est l'arme qui les a

tirées. Si elles n'y entrent pas ou s'il y a du jeu, il est sûr et certain qu'elles ne proviennent pas de cette arme-là!

Les cartouches des marques américaines portent des amorces en cuivre rouge très malléable. Le coup tiré, ces amorces portent l'empreinte des moindres aspérités (traits de lime etc) du fond de la culasse.

Pendant l'éjection de la douille, celle-ci est assujettie à des lésions provenant des différentes parties du mécanisme de l'arme. Les empreintes portées ainsi par les douilles sont très caractéristiques pour les différents systèmes.

Arrêtons-nous là! — Je crois que ces quelques indications ont suffi pour donner à mes lecteurs une idée des connaissances profondes et variées qui sont requises dans l'intérêt d'une expertise valable. Ce qu'il faut à l'expert, c'est avant tout le flair du praticien! Il est tout à fait hors de propos de vouloir résoudre les problèmes d'une expertise digne de ce nom avec les seuls moyens d'une savante et abondante bibliographie. Il est inadmissible p. ex. de vouloir généraliser tout simplement un cas théorique déterminé. Au contraire: l'expert sera rarement dans le cas de pouvoir donner une réponse catégorique sans avoir procédé lui-même à des essais qui auront été arrangés dans des conditions d'identité rigoureuse. Il faut que l'arme, la munition et la cible soient identiquement les mêmes. Sans l'appui de ces essais, l'expert consciencieux se trouvera souvent dans la nécessité péremptoire de devoir répondre tout simplement qu'en âme et conscience il ne peut se prononcer d'une manière définitive sur les questions qui lui ont été posées, et tout homme tant soit peu raisonnable le comprendra et l'approuvera. Il lui faut même se résigner dans ces cas douteux, parce qu'il y va toujours ou de l'honneur ou de la vie d'un accusé, et un homme de cœur se gardera bien de prêter un concours nonchalant à la moindre erreur de justice. Fort de sa compétence et de sa froide objectivité, il se mettra au-dessus du qu'en-dira-t-on et il n'aura pas peur de se discréditer aux yeux des blagueurs de salon et des badauds des tribunaux. Il se gardera méticuleusement de céder au moindre mouvement de vanité personnelle et restera profondément pénétré de la portée de ses dires qui peut-être conduiraient à la condamnation à mort d'un homme innocent.

Digitized Version of "Notions de Balistique Populaire" (Notions of Ballistics Popular)

Pierre Medinger.ing.-chim dipl
1919

From Library of

Dr L D Payne.LDS BDS DMCC M.RSES

Ballistic Injury Archives

London SE3 OAD

lpayne@easynet.co.uk

see also article

STOPPING POWER

BY LIEUTENANT COLONEL CALVIN GODDARD, *Ord. Res. U. S. Army,*
(Late Major M.C., U. S. Army)

THE MILITARY SURGEON.

Vol. 76 FEBRUARY, 1935 No. 2 pp57-71

Excerpt

"Medinger 's whole article is "of considerable interest to the student of gunshot wounds and projectile effects- so much so that I have undertaken to translate it in, its entirety . Its is entitled The Effects of Projectiles upon Vital Tissues- Stopping Power, and appeared in a booklet' published by him in Luxembourg in 1920 under the caption Notions de . Balistique populaire . "